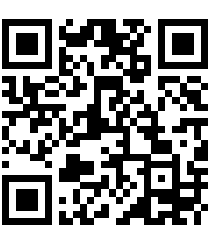
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Graph. 4° Slaby
421

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Die

Funkentelegraphie.

Von

A. Slaby,
Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin.

Mit 22 Abbildungen und 2 Karten.

BERLIN.
Verlag von Leonhard Simion.
1897.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Digitized by Google

Die

Funkentelegraphie.

Von

A. Slaby,
Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin.

Mit 22 Abbildungen und 2 Karten.

BERLIN.
Verlag von Leonhard Simion.
1897.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Digitized by Google

Vorwort.

Die vorliegende Schrift ist die erweiterte Ausarbeitung eines Vortrags, den der Verfasser am 1. November 1897 im Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes gehalten hat. Sie berichtet im Wesentlichen über Versuche mit Marconi's Telegraphie, die ich im Sommer dieses Jahres unter besonders fördernden Umständen und unter Aufwendung von Hülfsmitteln anstellen konnte, welche ebenso die Grenzen eines Laboratoriums wie die Kräfte eines Einzelnen überschreiten.

Dies verpflichtet mich, die Ergebnisse der Versuche weiteren Kreisen, welche sich mit ähnlichen Arbeiten beschäftigen, vorzulegen. Es dürfte deshalb auch gerechtfertigt erscheinen, wenn den Mifserfolgen und deren Ursachen ein breiterer Spielraum eingeräumt ist, als den erfolgreichen Versuchen. Um indefs für manche Leser nicht allzu ausführlich zu werden, habe ich die Beschreibung der Apparate in einen Anhang verwiesen.

Ich war in der glücklichen Lage, den ersten grundlegenden Versuchen zur Erprobung der neuen Erfindung, welche die englische Telegraphenverwaltung im Frühling dieses Jahres anstellte, als Augenzeuge beiwohnen zu dürfen und bin dem hochverehrten Chefingenieur dieser Behörde, Herrn W. H. Preece, für seine liebenswürdige und gastfreundliche Aufnahme, sowie Herrn Guglielmo Marconi für seine Mittheilungen zu großem Danke verpflichtet.

Digitized by Google

Meine eigenen Versuche sind nur möglich geworden durch die thatkräftige Unterstützung, welche mir sowohl durch die Königliche Luftschifferabtheilung in Schöneberg als auch durch die Königliche Matrosenstation in Potsdam zu Theil geworden ist. Den Herren Offizieren der Abtheilung sowie dem Vorsteher der Matrosenstation Herrn Obersteuermann Velten erlaube ich mir an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank abzustatten. Endlich habe ich noch besonders herzlich meinen Assistenten, den Herren Dr. Tietz und Grafen von Arco für ihren unermüdlichen Eifer zu danken. Fast alle Maßnahmen sind aus gemeinschaftlichen Berathungen mit ihnen hervorgegangen, bei denen ich nicht selten werthvolle Anregungen empfangen habe.

Charlottenburg, den 6. November 1897.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Als der Breslauer Astronom Galle im Jahre 1846 den Planeten Neptun entdeckte, dessen Vorhandensein kurze Zeit zuvor Leverrier in Paris aus den Uranus-Störungen berechnet hatte, feierte man diese Thatsache als einen Sieg der Wissenschaft. Aehnliche nicht minder glänzende Erfolge hat die Lehre von der Elektricität in den letzten 50 Jahren aufzuweisen.

Aus rein wissenschaftlichen Erwägungen leitete William Thomson die Gesetze ab, nach denen die Entladung einer Leydener Flasche, sowie überhaupt zweier mit Elektricität geladener Körper vor sich geht. Bis dahin hatte man in solcher Entladung einen einfachen Uebergang der Elektricität von einem Körper zum anderen erblickt und die von einem knallenden, glänzenden Funken begleitete Erscheinung kaum für merkwürdiger gehalten als alle übrigen elektrischen Vorgänge. Von den damals üblichen Vorstellungen ausgehend, bewies nun Thomson durch Rechnung, dafs unter gewissen Bedingungen diese Entladung eine schwingende sein mufs, derart, dafs dem ersten Uebergang von Elektricität zahllose andere folgen in wechselnder Richtung und mit abnehmender Stärke. Die ganze Erscheinung spielt sich mit einer so ungeheuren Geschwindigkeit ab, dafs dem Auge das Hin- und Herwogen der elektrischen Kräfte verborgen bleibt, dieses vielmehr nur den Eindruck eines einzigen Funkens als Gesammtergebnifs aufzunehmen vermag. Kurze Zeit darauf konnte Feddersen durch den berühmten Versuch mit sich

Digitized by Google

drehenden Spiegeln den bestimmten Nachweis liefern, dafs die rechnerischen Folgerungen Thomson's der Wirklichkeit entsprachen.

Von nicht geringerer Bedeutung wurden Betrachtungen, welche ein anderer Physiker, Maxwell, bald darauf anstellte. Zurückgehend auf die eigenartige Deutung der elektrischen und magnetischen Erscheinungen durch Faraday zeigte er, dafs dieselbe bei mathematischer Entwicklung und Vertiefung zu einer überraschenden Erklärung des Wesens und der Ausbreitung elektrischer Erscheinungen führt. Er 'gelangte zu der Vorstellung, dafs von jeder schwingenden Funkenstrecke Kräfte ausgehen, welche sich mit den Kennzeichen von Wellenbewegungen und mit der Geschwindigkeit des Lichts nach allen Richtungen in den Raum verbreiten. Als Träger der Wellenbewegung vermuthete er denselben Stoff, den man bereits zur Erklärung der Fortpflanzung des Lichts herangezogen hatte, den Aether, und seine Lehre gipfelte in der Behauptung, dafs das Licht selbst eine elektromagnetische Erscheinung sei, dafs Licht und elektrische Strahlen dieselben Grundgesetze befolgen. Es ist bekannt, wie unser grofser Landsmann Heinrich Hertz am Ende der 80er Jahre durch entscheidende Versuche die Richtigkeit dieser bis dahin nur rechnerisch begründeten Folgerungen nachwies.

Während William Thomson, jetzt Lord Kelvin, noch heut als gefeiertes Haupt der Gelehrtenwelt unter den Lebenden weilt und die erstaunliche Entwicklung der von ihm geweckten Keime vor sich sieht, hat dem Leben von Maxwell und Hertz das Schicksal ein leider allzufrühes Ziel gesetzt.

Es ist nicht Aufgabe dieses Vortrages, auf die rein wissenschaftliche Bedeutung dieser Thatsachen näher einzugehen, es ist vielmehr die erste technische Verwendung der neuen Erkenntnifs, welche ich Ihnen theils durch Bericht theils durch Versuch vorführen möchte.

Mit dem Eintreten der Technik in dieses für sie durchaus neue Gebiet wiederholt sich eine Erscheinung, die wir schon

Digitized by Google

häufig beobachtet haben. Ohne die streng wissenschaftliche Grundlage wäre sie nicht im Stande gewesen, die werthvolle Nutzanwendung zu machen, die uns heute beschäftigen soll. Andererseits hat sie aber sofort mit ihren größeren Mitteln so durchaus neue Erscheinungen hervorgerufen, daſs der Wissenschaft ein weites Arbeitsfeld sich öffnet. Es sind zahlreiche harte Nüsse, welche die neue Telegraphie der Physik zu knacken aufgiebt. Ich habe als Techniker nicht die Absicht, eine vorzeitige Erklärung zu versuchen; desto mehr werde ich aber bestrebt sein, die Erscheinungen selbst und die Mittel zur Hervorrufung derselben möglichst eingehend zu beschreiben.

Heinrich Hertz hat zuerst die Einrichtungen angegeben, mit denen man die von einer Funkenstrecke ausgehenden Strahlen elektrischer Kraft nachweisen kann. Er bediente sich dazu der sogenannten Resonatoren (Fig. 1). Das sind offene Drahtkreise, deren Enden mit kleinen polirten Messingkugeln versehen sind; durch eine isolirte Stellvorrichtung läſst sich der Luftraum zwischen den Kugeln auf geringe Bruchtheile eines Millimeters genau einstellen. Bringt man nun einen solchen Resonator in den Weg der elektrischen Strahlen, so wird darin ein elektrisches Mitklingen geweckt, das sich durch Ueberspringen von Funken an der Unterbrechungsstelle kundgiebt, in ähnlicher Art, wie etwa durch Schallwellen eine Stimmgabel zum Mittönen gebracht wird. Ich muſs darauf verzichten, Ihnen den Versuch vorzuführen. Die Funken, welche man am elektrischen Mittöner erzielt, sind zu winzig, als daſs sie von Allen gesehen werden könnten.

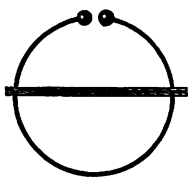


Fig. 1.

Ich wähle ein stärkeres Mittel, um Sie von der Ausbreitung der elektrischen Kräfte durch den Raum zu überzeugen.

Die Natur, als Funkenerzeugerin, zeigt uns nur weit auseinanderliegende Grenzen. Von dem leisen Knistern, das Sie

Digitized by Google

an kalten Wintertagen vernehmen, wenn Sie im geheizten Zimmer mit einem Gummikamm durch die Haare fahren, bis zu dem Zucken gewaltiger Blitze ist ein ungeheurer Sprung — und doch ist beides die gleiche Erscheinung, von beiden gehen die gleichen unsichtbaren Kräfte aus. Für unsere Zwecke bedienen wir uns einer künstlichen Funkenerzeugung, deren Stärke eine maßvolle Mitte hält zwischen den Aeußerungen der Natur. Die Klemmen eines Induktionsapparates von der Ihnen wohlbekannten Bauart verbinden wir mit vollen Messingkugeln, die durch kräftige Ebonitplatten in geeignetem Abstand gehalten werden. Bei Ingangsetzung des Induktoriums erhalten wir eine ununterbrochene Folge von dicken weißglänzenden Funken, deren Ausstrahlungskraft wir vergrößern, wenn wir den Funkenraum mit Oel anfüllen. Bei dem vorliegenden Apparat (Fig. 2 nebenstehend) geschieht dies mit Hülfe eines Cylinders aus Pergamentpapier, der die inneren Kugelhälften umspannt. Nach einem zuerst von Righi befolgten Verfahren verbinden wir ferner die Kugeln nicht direkt mit den Klemmen des Induktoriums, sondern laden sie vermittelst kleinerer Kugeln, die den äußeren Kugelhälften in passendem Abstand gegenübergestellt sind. Die Pergamenthülle verdeckt Ihnen den wirksamen Funken, doch hören Sie deutlich das eigenthümliche Geräusch beim Durchbrechen des Oeles. Wir wollen dieses Geräth einen Strahlapparat nennen, denn von ihm gehen die Strahlen elektrischer Kraft aus. Wir alle werden davon getroffen; wir merken es nur nicht, weil unserem Körper die Fähigkeit des Mittönens fehlt. Hätten wir metallische Glieder, so wäre das wohl anders.

Ich bediene mich nun eines einfachen Mittels, um die Ausbreitungsfähigkeit der elektrischen Kräfte wesentlich zu verstärken. Dies Mittel wird uns heut Abend noch häufig beschäftigen, es bildet das eigentlich Neue der vorzuführenden Versuche. Dünne Drähte sind es, einige Meter lang, die ich von den Speisekugeln des Strahlapparates, Pole wollen wir sie nennen, nach beiden Seiten isolirt ausspanne. Sie wirken

Digitized by Google

wie das durchlöcherte Rohr eines Sprengwagens, aus ihnen spritzen gleichsam die Strahlen elektrischer Kraft nach allen

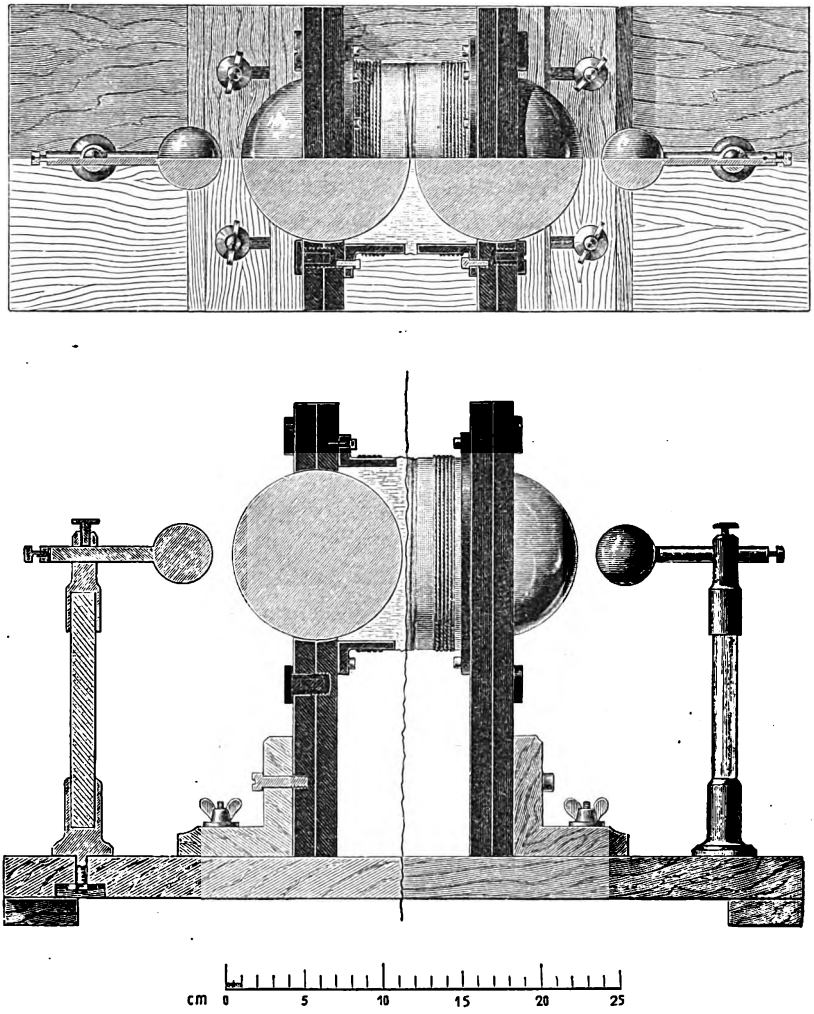


Fig. 2.

Seiten senkrecht zum Draht, sie ziehen einen größeren Theil des Raumes in Mitleidenschaft.

Digitized by Google

Zum Nachweis der Ausbreitung der elektrischen Kräfte benutze ich eine Bogenlampe dort hinten im Saal; ich will sie von hier aus entzünden. Die Bogenlampe selbst ist ihrer regelnden Einrichtung entkleidet. Die gegenüberstehenden Kohlen sind mit den Polen einer Akkumulatorenbatterie verbunden; so lange sie sich nicht berühren, ist der Stromkreis unterbrochen. Im vorliegenden Fall bilden sie einen Mittöner für die elektrischen Strahlen, sie werden zum Mitklingen oder richtiger zum Mitsprühen veranlafst. Dadurch schließt sich die Brücke für den elektrischen Gleichstrom und die weißerglühenden Kohlenspitzen spenden ihr herrliches Licht. Um den Erfolg zu sichern, verbinde ich die beiden Kohlen mit ähnlichen dünnen Drähten, wie den Strahlapparat. Ich bilde gleichsam Fangarme für die elektrischen Strahlen, Saugerüssel oder Fühlhörner. Jetzt lasse ich den Strahlapparat spielen — Sie sehen die Lampe sofort in Thätigkeit treten.

Mit dem einfachen Mittel des Resonators hat Heinrich Hertz die Gesetze erforscht, welche die Ausbreitung elektrischer Kräfte befolgt. Der merkwürdigste seiner Versuche zeigt, dafs die elektrischen Strahlen von einer Metallwand zurückgeworfen werden, ähnlich wie das Licht von einer spiegelnden Fläche. Es gelang ihm dadurch der Nachweis der Wellenart der Erscheinung.

Zur Erläuterung will ich ein Beispiel heranziehen, das mit der Elektricität nichts zu thun hat, das aber eine Wellenbewegung sichtbar macht. Denken wir uns eine endlose dehnbare Schnur geradlinig ausgespannt und ertheilen wir dem einen Ende etwa durch Schlag eine Erschütterung, so pflanzt sich dieselbe in Form einer Welle an der Schnur fort. Eine ähnliche Erscheinung beobachten wir, wenn eine ruhende Wasserfläche durch einen Steinwurf in Wallung geräth. In ringförmigen Wellen verbreitet sich die Bewegung nach allen Richtungen vom Ausgangspunkt der Störung. Die Beobachtung eines auf dem Wasser schwimmenden Korkes lehrt uns, dafs die einzelnen Wassertheilchen selbst an der nach

Digitized by Google

außen strebenden Bewegung nicht Theil nehmen, sondern nur auf- und niedersteigen. Bald sind sie auf einem Wellenberg, bald in einem Wellenthal. Die gleiche Bezeichnung hat man hinübergenommen auf die Ausbreitung der Störungskraft in einem geradlinigen Mittel, wie beispielsweise unserer Schnur. Auch hier ist deutlich zu erkennen, dafs die einzelnen Theile derselben sich nicht in der Richtung der fortschreitenden Welle bewegen, sondern senkrecht dazu nur auf- und niedersteigen. Man bezeichnet solche Wellen darum als Querwellen im Gegensatz zu den Längswellen, wie sie z. B. bei dem Schall auftreten, der seine Wirkungen weiterpflanzt durch Verdichtungen und Verdünnungen des schalltragenden Mittels. Hierbei bewegen sich also die einzelnen Theile des Mittels, etwa der Luft, in Richtung der fortschreitenden Wellenbewegung hin und her.

Durch überzeugende Versuche hat man bekanntlich nachgewiesen, dafs das Licht durch Querschwingungen eines unbekannten Mittels, Aether genannt, sich weiterpflanzt. Den gleichen Nachweis hat Hertz für die elektrischen Kräfte erbracht, die von einer Funkenstrecke mit wechselnder Entladung ausgehen. Die Anordnung seines Versuches läfst sich mit wenigen Worten schildern.

Ich lenke Ihre Aufmerksamkeit auf die schwingende Schnur zurück. Wir haben sie bisher als außerordentlich lang vorausgesetzt und nur das Wandern der Welle vom Störungspunkte aus betrachtet. Am anderen Ende ist aber die Schnur, mag sie noch so lang sein, wiederum befestigt. Die dort ankommenden Wellen verschwinden nicht, sie wandern wieder zurück, sie werden zurückgeworfen. Jedes Schnurtheilchen erhält nun Bewegungen von beiden Wellenarten, von den hinlaufenden und den zurücklaufenden. Sind die Kräfte an einer Stelle gleichgerichtet, so verstärken sie die Bewegung, bei ungleicher Richtung vermindern sie dieselbe. Es treten Stellen auf, wo die Kräfte sich zu einem Höchstbetrag verstärken, dort mufs das Schnurtheilchen die größten Querschwingungen machen, an anderen wieder kommt

Digitized by Google

die Querbewegung fast völlig zur Ruhe. Nach einiger Zeit bildet sich ein Zustand aus, den man als stehende Schwingung bezeichnet.

Wenn man geschickt ist, kann man dies mit einer am Ende befestigten Schnur, deren anderes Ende die Hand hält, zeigen. Ich verlasse mich lieber auf künstliche Hülfsmittel.

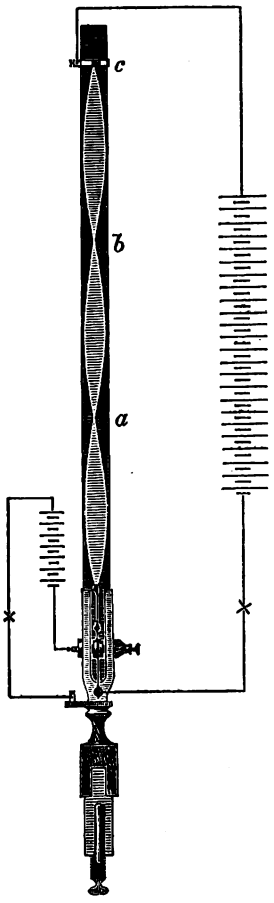


Fig. 3.

An dieser senkrechten Latte ist ein Platindraht ausgespannt (Fig. 3), dessen oberes Ende festgeklemmt ist, während der untere Befestigungspunkt an der Zinke einer Stimmgabel sitzt, die durch elektrische Hülfsmittel erregt werden kann. Dabei wird das untere Ende des Drahtes in lebhafte Erschütterung versetzt, die sich nach oben fortpflanzt und am Befestigungspunkt zurückgeworfen wird. Es bilden sich stehende Wellen aus, die wir sichtbar machen können, indem wir einen starken elektrischen Strom durch den Draht senden. Die Ruhepunkte, Knotenpunkte genannt, werden sich bis zur Rothgluth erhitzen, die stark bewegten Stellen dagegen, die Bäuche, werden durch die Luft gekühlt und bleiben dunkel. Zur besseren Beobachtung wollen wir den Saal verdunkeln. (Experiment.) Sie werden jetzt deutlich 4 Knotenpunkte erkennen. Die bleibende Entfernung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Knotenpunkten *a b* (Fig. 3) ist die halbe Länge der Welle, denn von *a* bis *c* ist die hinlaufende Welle um ihre ganze aus Wellenthal und Wellenberg bestehende Länge vorgeschritten. Die Zeit, welche verstreicht, bis jedes Draht

Digitized by Google

theilchen einmal seine volle Querschwingung ausgeführt hat, nennt man die Schwingungszeit und die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde die Schwingungszahl.

Wir können diese Thatsachen an dem Apparat mit unseren Augen deutlich erkennen. Nehmen wir aber einmal an, wir wären blind und nur mit Gefühl begabt, so könnten wir uns dennoch von der Eigenthümlichkeit der Erscheinung überzeugen. Wir brauchten nur den Finger in die Nähe des Drahtes zu halten. Die Bäuche würden wir deutlich fühlen durch Stöße, an den Knotenpunkten würden wir uns dagegen verbrennen. Indem wir nun diese Stellen durch das Gefühl aufsuchen, können wir nicht nur den Schluſs ziehen, daſs Wellenbewegungen eines uns unsichtbaren Mittels, Draht genannt, vorhanden sind, wir können sogar die Entfernung der Knotenpunkte und damit die Länge der Wellen ermitteln. Sogar die Feststellung der Schwingungszahl durch Abzählung der Stöße wäre nicht undenkbar.

Genau das Entsprechende hat Hertz gethan bei der Untersuchung elektrischer Wellen. Er richtete die von einer Funkenstrecke ausgehenden unsichtbaren Strahlen elektrischer Kraft gegen eine Metallwand. Dort wurden sie zurückgeworfen. Indem er nun seinen Resonator, gleichsam als einen tastenden Finger, an verschiedene Stellen des Strahlenweges brachte, konnte er Orte festlegen, wo er am lebhaftesten ansprach und solche, an denen er fast völlig versagte. Meine Kollege, Herr Professor Rubens, hat sogar durch feinere Meſsmethoden die Größe des elektrischen Stoßes für jede Stelle ermittelt und gesetzmäßige Zu- und Abnahme gefunden. Damit ist aber die Wahrscheinlichkeit zur Gewiſsheit geworden, daſs die Strahlen elektrischer Kraft das Merkmal einer Wellenerscheinung tragen ebenso wie die Strahlen des Lichtes.

Doch noch mehr. Betrachten wir die Geschwindigkeit, mit der eine Wasserwelle vom Ausgang der Störung fortschreitet. Die Störung selbst hat sich um eine Wellenlänge fortgepflanzt, wenn ein Wassertheilchen einmal auf und nieder geschwankt ist. Beträgt die Anzahl dieser Schwingungen n

Digitized by Google

pro Sekunde, und die Länge einerWelle l, so ist nl der Weg, um den die Störung in 1 Sekunde sich fortpflanzt, also die Wanderungsgeschwindigkeit der Welle.

Genau so liegen die Verhältnisse bei den elektrischen Wellen. Nun kann man nach den eingangs erwähnten Rechnungen Thomson's aus den Abmessungen des funkenerzeugenden Apparates die Anzahl der wechselnden Entladungen ermitteln, welche in 1 Sekunde erfolgen, man kennt mithin die Anzahl der Stöfse in 1 Sekunde, d. h. die Schwingungszahl. Stellt man ferner, wie Hertz es gethan, die Wellenlänge durch Tastversuche mit dem Resonator fest, nachdem man die Wellen durch Zurückwerfen in stehende verwandelt, so sind alle Mittel gegeben zur Berechnung der Geschwindigkeit, mit welcher eine elektrische Störung, ein elektrischer Anstoß, sich durch den Raum nach allen Richtungen hin verbreitet. Hertz fand mit großer Annäherung die Lichtgeschwindigkeit 300 000 km in 1 Sekunde.

Diese Geschwindigkeit ist eine so ungeheure, dafs wir nicht daran denken können, die Wanderung der elektrischen Kraft unseren Augen wahrnehmbar zu machen. Professor Silvanus Thompson in London zeigte mir in diesem Sommer ein reizendes Modell, in welchem er mit rein mechanischen Mitteln die Wanderung einer Aetherwelle veranschaulicht. Er hatte die Freundlichkeit, ein solches für mich anfertigen zu lassen. (Fig. 4 umstehend.) Den Strahlapparat stellen zwei schwere Messingplatten dar, welche an Fäden hängen und eine bestimmte, verhältnifsmäßig grofse Schwingungszeit besitzen. Der „Resonator" ist ein unterbrochener Messingkreis und hängt gleichfalls an Fäden. Beide können durch Kürzung oder Längung der Schnur so geregelt werden, dafs sie gleiche Schwingungszeiten besitzen.

Zur Darstellung des wellentragenden Mittels, des Aethers, dienen kleine Bleikugeln, welche in gleicher Weise an V-förmigen Fäden hängen. Die aufeinanderfolgenden Fäden überkreuzen sich, so dafs keine Kugel schwingen kann, ohne etwas von ihrer Bewegung dem Nachbar mitzutheilen. Setzt man

Digitized by Google

den Strahlapparat in Bewegung, so ertheilt er den Kugeln Querschwingungen, die sich längs der Kugelreihe langsam fortpflanzen. Man kann sie deutlich mit dem Auge verfolgen und sieht, wie sie nach einiger Zeit zum Resonator gelangen und diesen zum Mitschwingen veranlassen. Ebenso stellt man sich heut die Fortpflanzung der elektrischen Kräfte durch den Aether vor.

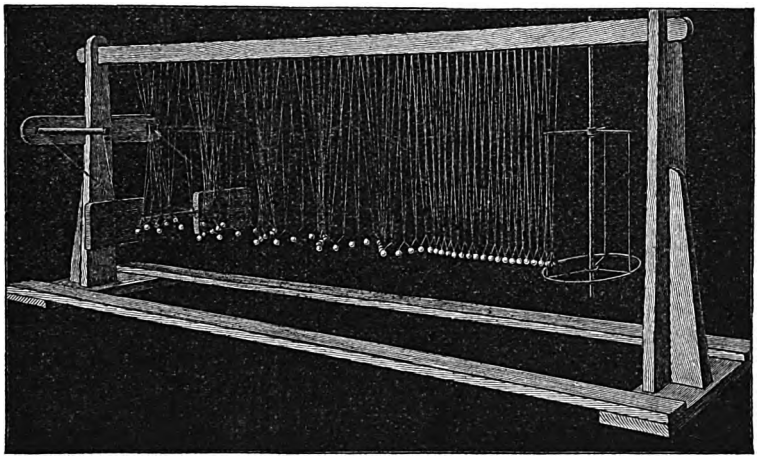


Fig. 4.

Zum Schlusse dieser physikalischen Einleitung noch eine kurze Bemerkung. Aus optischen Untersuchungen weiß man, dafs die einfarbigen Strahlen, in welche das weiße Licht durch Brechung sich zerlegt, verschiedene Wellenlängen besitzen. Die größte Wellenlänge besitzt das rothe Licht mit 0,8 Micron (1 Micron ist der tausendste Theil eines Millimeters); sie verringert sich nach dem violetten Theil des Spektrums, dort beträgt die Wellenlänge nur etwa 0,4 Micron. Umgekehrt verhalten sich die Schwingungszahlen, beim rothen Licht erfolgen 400 Billionen Schwingungen in 1 Sekunde, beim violetten Licht dagegen 800 Billionen. Von der Größe dieser Zahlen giebt folgende Rechnung einen Begriff: Macht eine Stimmgabel 1000 Schwingungen in der Sekunde (das zwei-

Digitized by Google

gestrichene c), so braucht sie 12 000 Jahre, um 400 Billionen Schwingungen auszuführen, die beim rothen Licht sich in 1 Sekunde vollziehen. Die bis jetzt bekannten Wellenlängen elektrischer Strahlen schwanken in der Größenordnung zwischen Centimetern und Kilometern, ihre Schwingungszahlen betragen nur wenige Millionen in der Sekunde. Sie ordnen sich also in den ultrarothen Theil des Spektrums ein. In dem äußersten ultravioletten Theil des Spektrums vermuthet man bekanntlich die Röntgen-Strahlen. Die letzten Jahre der physikalischen Forschung bedeuten also einen kühnen Vorstoß in die Grenzgebiete der Natur. Wer will sagen, ob und wo wir das Ende erreichen. Beide Untersuchungsergebnisse der reinen Forschung haben sofort wichtige Anwendungen gefunden zum Nutzen der Menschheit.

Es würde mich von dem eigentlichen Gegenstande meines Vortrages zu weit entfernen, wollte ich der schönen Versuche gedenken, durch welche Hertz und seine Nachfolger bewiesen haben, daſs die elektrischen Strahlen ebenso wie die Lichtstrahlen die Gesetze der Brechung, der Interferenz und der Polarisation befolgen. Soweit dies überhaupt möglich ist, haben sie uns die Gewiſsheit verschafft, daſs Licht und elektrische Strahlen Erscheinungen gleicher Art sind, die sich nur durch Größenverhältnisse von einander unterscheiden.

Die Netzhaut des Auges ist das empfindliche Instrument, welches uns die Wahrnehmung der Lichtstrahlen ermöglicht; in entsprechender Weise dürfen wir nunmehr die Apparate, welche die Wirkungen der elektrischen Strahlen zeigen, elektrische Augen nennen. Der Hertz'sche Resonator ist ein recht unvollkommenes Auge, es ist schwach und kurzsichtig, nur die blendendsten Wirkungen der elektrischen Strahlen können wir damit erkennen und den Helligkeitsgrad derselben, wenn ich mich so ausdrücken darf, nur annähernd schätzen. Heut verfügen wir über eine stattliche Zahl hochempfindlicher elektrischer Augen, mit denen die Stärke der Wirkung genau gemessen werden kann.

Digitized by Google

Das allerempfindlichste derselben stellt sich dar als eine sinnreiche Verbesserung des Hertz'schen Resonators. Das Kennzeichen des letzteren war die Unterbrechung einer metallischen Leitung durch eine Luftstrecke von außerordentlich geringer Größe. Die Wirkung einer elektrischen Bestrahlung äußerte sich in dem Auftreten sichtbarer Funken. Wir mußten also unser menschliches Auge zu Hilfe nehmen oder mit anderen Worten, wir bewirkten eine Umsetzung der von der Funkenstrecke ausgehenden elektrischen Strahlung in Lichtstrahlung. Wir können aber auch andere Hilfsmittel heranziehen, um die unendlich kleinen Funken zu erkennen, wenn das Auge versagt. Die empfindlichsten Mittel sind immer die elektrischen; wir wählen einen elektrischen Gleichstrom, dessen geringste Spuren durch Galvanometer nicht bloß erkannt, sondern auch gemessen werden können.

Denken Sie sich die metallischen Knöpfe eines Hertzschen Resonators soweit genähert, daß der verbleibende Luftzwischenraum selbst mit den feinsten optischen Mitteln nicht mehr erkennbar ist, dennoch braucht eine völlige metallische Berührung noch nicht zu bestehen. Schalten wir nun in den Drahtkreis des Resonators (Fig. 5) eine kleine galvanische Batterie, etwa ein Trockenelement von geringer elektromotorischer Kraft und ein hochempfindliches Galvanometer, so wird, so lange der Stromkreis an den Kugeln unterbrochen ist, die Nadel des Galvanometers in Ruhe verharren. Wirkt aber eine elektrische Strahlung auf den Kreis, so durchzittern denselben in elektrischer Resonanz die elektrischen Wellen, für welche der Luftzwischenraum keine Sperrung bildet, gleichsam wie eine Wasserwelle in Milliarden von Stäubchen über ein Hindernis spritzt. So spritzen sie hier in der Form von feinen Fünkchen hinüber und wenn auch den schärfsten optischen Hülfsmitteln verborgen, sind sie dennoch für einen Augenblick vorhanden und füllen, wie

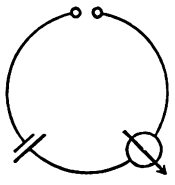


Fig. 5.

Digitized by Google

jeder Funke, den Luftraum mit Metalldämpfen an. Diese leiten den Gleichstrom und schließen den Kreis; die Folge ist ein deutlicher Ausschlag der Galvanometernadel. Entweder schwingt nun die Nadel nach beendigter Strahlung zurück, dann hat sich der isolirende Luftzwischenraum von selbst wieder hergestellt, und das elektrische Auge ist bereit, auf eine neue Strahlung anzusprechen, oder — und das ist der gewöhnliche Fall — geringe Stäubchen des nach der Verdampfung wieder verdichteten Metalles füllen den Luftraum und bilden eine metallische Brücke; dann ist der Ausschlag des Galvanometers ein bleibender. Doch die geringste Erschütterung bringt diese lose Brücke zum Einsturz und unterbricht die metallische Berührung.

Diese zwanglose Erklärung eines verschärften elektrischen Auges aus den Eigenschaften des Hertz'schen Resonators trifft auch auf dasjenige Auge zu, welches Marconi benutzt, um mit Hülfe elektrischer Strahlen auf weite Entfernungen zu telegraphiren. Es ist indessen üblich, den Entwicklungsgang auf eine andere Ausgangsquelle zurückzuführen.

Im Jahre 1890 entdeckte Branly eine eigenthümliche Eigenschaft loser in einer Glasröhre übereinander geschichteter Metallkörner, wie Eisen-, Kupfer- oder Messingfeile. Eine solche Röhre bietet dem Durchgang eines elektrischen Stromes einen unüberwindlichen Widerstand, so dafs man dieselbe mit metallischen Anschlufsplatten oder darin gebetteten gutleitenden Kugeln an die Pole einer galvanischen Batterie anschließen kann, ohne einen Strom zu erhalten. Zum Nachweis dieser Wirkung schaltete Branly ein empfindliches Galvanometer in denselben Stromkreis. Sobald aber diese Röhre von elektrischen Strahlen getroffen wird, leitet sie den Gleichstrom und das Galvanometer erfährt einen Ausschlag. Eine leise Erschütterung der Röhre nach erfolgter Bestrahlung stellt den unendlichen Widerstand wieder her. Fig. 6 (nebenstehend) zeigt eine solche Einrichtung, bei der die Metallfeile durch lose übereinander geschichtete eiserne Nägel ersetzt sind.

Digitized by Google

Wir können auch hier die Erklärung auf den Hertzschen Resonator zurückführen. An die einzelne Unterbrechungsstelle treten die zahllosen Berührungsstellen des Metallfeilicht mit unreiner isolirender Oberfläche. Die Bestrahlung ruft in dem Stromkreis eine elektrische Erzitterung hervor und zahllose unsichtbare Fünkchen an den Unterbrechungsstellen bewirken die metallische Berührung.

Für diese einfache Erklärung spricht auch der Umstand, daſs mit Metallen, deren Oberfläche leichter und dauernder metallisch bleibt, wie Platin, Gold und Silber, die Wirkung nicht zu erzielen ist. Vorzüglich eignen sich dagegen Metalle wie Kupfer, Messing, Aluminium, Eisen und Nickel, deren Oberflächen bekanntlich nur auf kurze Zeit metallisch rein zu erhalten sind. Mit Kohlenkörnern oder Kohlenpulver ist die Wirkung unsicher, was dagegen spricht, die Erscheinung als eine rein mikrophonische zu erklären.

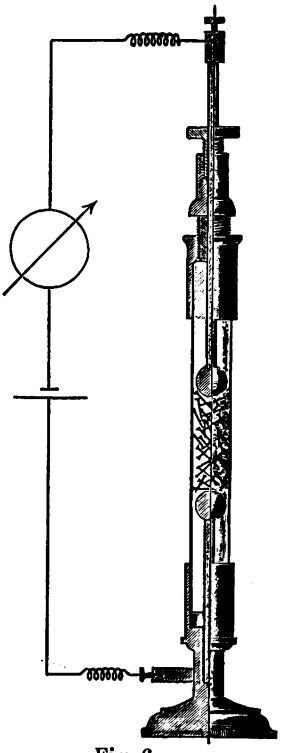


Fig. 6.

Lodge scheint zuerst solche Röhren als elektrische Augen zum Studium Hertz'scher Strahlen benutzt zu haben. In seinem fesselnden Buche „The Work of Hertz and some of his successors" beschreibt er verschiedene Einrichtungen dieser und ähnlicher Art, welche er schon 1889 benutzt hat. Von ihm stammt auch der Name „coherer", den er von cohere, Kohäriren, abgeleitet hat, weil durch elektrische Bestrahlung eine innigere Verbindung des Metallfeilicht, gleichsam eine Kohäsion bewirkt wird. Man hat für deutschen Gebrauch das häſsliche Wort „Kohärer" (richtiger wäre Kohärirer) ge-

Digitized by Google

bildet, das man wohl gerne wieder verschwinden sähe. Ich habe Herrn Geh.-Rath Reuleaux ersucht, seine so oft schon bewährte Kunst, treffende deutsche Bezeichnungen zu bilden, auch im vorliegenden Falle zu üben. Er hat für Kohäriren das Wort „Fritten“ vorgeschlagen. Man bezeichnet damit in der Technik einen Vorgang, bei dem lose pulverförmige Massen durch oberflächliche Schmelzung zum Zusammenhängen gebracht werden. Das trifft hier vollkommen zu und man würde den „coherer“ zweckmäßig als „Fritter“ oder „Frittröhre“ verdeutschen können. Lodge ist wohl auch als Vater des Gedankens zu bezeichnen, mit elektrischen Strahlen und solchen Röhren zu telegraphiren; er bezeichnet aber als äußerste erreichbare Entfernung eine halbe englische Meile (800 m), ohne dies indefs praktisch erprobt zu haben.*)

---

*) Im Electrician (1. Okt. 1897) ist gelegentlich eines unerquicklichen Streites mit Bezug auf die Erfindung Marconi's auch auf eine Aeußerung von Sir William Crookes hingewiesen worden. Dieselbe findet sich in einem Aufsatz „Some Possibilities of Electricity“ in Fortnightly Review, Februar 1892, und ist sehr interessant, weshalb ich sie hier mittheile.

„Ob längere Aetherwellen, welche das Auge nicht mehr wahrnimmt, ununterbrochen um uns her in Thätigkeit sind, haben wir bis vor Kurzem niemals ernstlich erforscht. Aber die Untersuchungen von Lodge in England und Hertz in Deutschland offenbaren uns eine fast unbegrenzte Fülle von Aethererscheinungen oder elektrischen Strahlen, deren Wellenlängen Tausende von Meilen bis zu wenigen Fußen betragen. Hier öffnet sich uns eine neue, staunenerregende Welt, von der wir schwerlich annehmen können, dafs sie nicht auch die Möglichkeit der Uebertragbarkeit von Gedanken enthalten sollte. Lichtstrahlen dringen nicht durch eine Mauer, auch nicht durch einen Londoner Nebel, wie wir Alle nur zu gut wissen. Aber elektrische Wellen von 1 m Länge oder mehr werden solche Stoffe leicht durchsetzen, dieselben werden für sie durchsichtig sein. Es ergiebt sich hier die fesselnde Möglichkeit einer Telegraphie ohne Drähte, ohne Pfähle, ohne Kabel, ohne das ganze kostspielige Beiwerk. Setzen wir die Erfüllbarkeit weniger vernünftiger Forderungen voraus, so rückt die Frage durchaus in den Bereich der Möglichkeit. Wir können heut Wellen von jeder gewünschten Länge erzeugen, von wenigen Fußen an aufwärts, und eine Aufeinanderfolge von solchen nach allen Richtungen des Raumes ausstrahlenden Wellen erhalten. Es ist auch, wenn nicht bei allen, so doch bei einigen dieser Strahlen möglich, sie durch geeignet geformte als Linsen wirkende Körper zu brechen und so ein Bündel von Strahlen nach irgend einer gegebenen Richtung zu werfen; große linsenförmige Massen aus Pech und ähnlichen Stoffen hat man

Digitized by Google

Die Nachricht, dafs Marconi diese Telegraphie auf meilenweite Entfernung praktisch durchgeführt habe, gelangte am Anfang dieses Jahres zu uns. Wer den Thatsachen, zu welchen das Studium der Hertz'schen Strahlen führte, auf-

---

für diesen Zweck benutzt. Auch könnte man in der Ferne einige, wenn nicht alle dieser Strahlen mit besonders eingerichteten Apparaten auffangen und durch verabredete Zeichen in Morseschrift einem Andern übermitteln . . . Zwei Freunde, die innerhalb der Uebertragungsgrenze ihrer Empfänger leben, könnten ihre Apparate auf specielle Wellenlängen abstimmen und, so oft es ihnen gefällt, durch lange und kurze Strahlung in den Zeichen der Morseschrift mit einander verkehren. Auf den ersten Blick würde man gegen diesen Plan den Einwand erheben, dafs die Mittheilungen nicht geheim zu halten seien. Nehmen wir an, die Betheiligten wären eine Meile entfernt von einander, so würden die Strahlen, welche der Sender nach allen Richtungen ausschickt, eine Kugel mit dem Halbmesser von einer Meile erfüllen und Jedermann, der innerhalb dieser Entfernung vom Sender sich befände, könnte die Mittheilung auffangen. Dies würde auf zwei Arten vermieden werden können. Wären die Lagen des Senders und des Empfängers genau bestimmt, so könnte man die Strahlen mit größerer oder geringerer Sicherheit auf den Empfänger vereinigen. Wären indefs Sender und Empfänger beweglich, so dafs eine Linsenanordnung sich verbietet, so müfsten die Betheiligten ihre Apparate auf eine und dieselbe Wellenlänge, sagen wir etwa 50 m, abstimmen. Ich nehme dabei an, dafs man Apparate erfinden würde, welche durch Drehung einer Schraube oder durch Aenderung der Länge eines Drahtes so geregelt werden können, dafs sie zur Aufnahme von Wellen verabredeter Länge geeignet würden. Wären sie etwa auf 50 m eingestellt, so würde der Empfänger nur Wellen von vielleicht 45 bis 55 m aufnehmen und für alle übrigen unempfindlich sein. Bedenkt man, dafs eine große Zahl von Wellenlängen zur Verfügung steht, von einigen Fußen bis zu Tausenden von Meilen, so erscheint die Geheimhaltung ausführbar; wäre ein Neugieriger noch so unermüdlich, er würde doch sicherlich vor der Aufgabe zurückschrecken, all die Millionen von möglichen Wellenlängen zu versuchen, um endlich durch Zufall auf diejenigen zu stoßen, welche die zu Belauschenden benutzen. Durch Geheimzeichen könnte man selbst diese Möglichkeit ausschliefsen. Das sind nicht bloße Träumereien. Alle Erfordernisse, den Plan zu verwirklichen, liegen in dem Bereich der Möglichkeit und zwar genau auf dem Wege, den die Forschung in allen Hauptstädten Europas bereits eingeschlagen hat, so dafs wir täglich erwarten können zu hören, die Aufgabe sei praktisch gelöst. Schon heut ist eine Telegraphie ohne Drähte bereits möglich auf die beschränkte Entfernung von einigen hundert Metern, und vor einigen Jahren habe ich selbst Versuchen beigewohnt, bei denen Telegramme von einem Theil eines Hauses zu einem andern ohne verbindenden Draht fast genau durch die beschriebenen Mittel gesandt wurden."

Digitized by Google

merksam gefolgt war, der wufste, dafs den Zeitungsberichten ein gut Stück Wahrheit zu Grunde lag.

Wie viele andere hatte auch ich mich mit der Aufgabe beschäftigt, war indefs nicht weiter gekommen, als von einem zum andern Ende der langen Gänge unserer Hochschule. Selbst die Zuhülfenahme von parabolischen Spiegeln und großen Kapazitäten brachte uns über diese Grenze nicht hinaus. Marconi mufste, das wurde mir klar, noch etwas Anderes, Neues zu dem Bekannten hinzugefügt haben, wodurch die kilometerlangen Entfernungen erreicht wurden. Kurz entschlossen reiste ich nach England, wo die Telegraphenverwaltung größere Versuche anstellte. Durch meinen Freund Gisbert Kapp bei Mr. Preece, dem Chefingenieur der englischen Telegraphenbehörde, vortrefflich eingeführt, wurde mir in liebenswürdigster Weise die Theilnahme daran gestattet. Ich will nun gleich vorwegnehmen: Was ich sah, war thatsächlich etwas Neues, Marconi hatte eine Entdeckung gemacht; er arbeitete mit Mitteln, deren volle Bedeutung vor ihm noch Niemand erkannt hatte. Nur dadurch erklärt sich das Geheimnifs seines Erfolges.

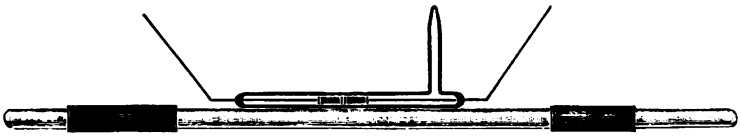
Ich möchte dies gleich am Anfang meiner Mittheilungen hervorheben, weil in letzter Zeit, besonders in der englischen Fachpresse, der Versuch gemacht worden ist, dem Verfahren Marconis die Neuheit abzusprechen. Die Erzeugung der Hertz'schen Wellen, ihre Ausbreitung durch den Raum, die Empfindlichkeit des elektrischen Auges — das Alles sei bekannt gewesen. Sehr richtig, aber mit diesen bekannten Mitteln kam man eben auf 50 Meter und nicht weiter.

Marconi hat zunächst für das Verfahren eine geistvolle Einrichtung ersonnen, die mit den einfachsten Hülfsmitteln eine sichere technische Wirkung erreicht. Sodann hat er gezeigt, wie durch Erdverbindung der Apparate einerseits, sowie durch Benutzung lang ausgestreckter senkrechter Drähte andererseits eine Telegraphie erst möglich wird. Diese Drähte bilden das Wesentliche seiner Erfindung, die Bezeichnung „Telegraphie ohne Draht" ist darum eigentlich falsch,

Digitized by Google

richtiger nennt man sie wohl „Funkentelegraphie“ im Gegensatz zu der bisherigen „Stromtelegraphie“.

Ich will zunächst die bauliche Einrichtung erörtern. Der Haupttheil des Apparates ist das elektrische Auge, das Fig. 7 in halber natürlicher Größe zeigt. Nach vielen Versuchen hat Marconi ein Metallpulver, oder richtiger eine Mischung von Metallpulvern als beste erkannt, welche zu 96% aus Hartnickel, zu 4% aus Silber besteht. Es wird durch Raspeln



Maßstab 1:2.
Fig. 7.

mit reinen und trockenen Feilen erzeugt. Diese Mischung wird in eine Glasröhre eingeschlossen zwischen zwei Kolben aus Silber, deren begrenzende Oberflächen durch eine Spur Quecksilber amalgamirt sind. Je dünner man die Pulverschicht macht, desto empfindlicher wird das Auge, d. h. bei desto geringerer Strahlungsenergie spricht es an. Die Schicht hat nur etwa $^1/_2$ mm Dicke, man bringt darin kaum mehr als 20 bis 25 Metallkörner unter. Der angegebene genaue Prozentsatz des Silbers wird dadurch gegenstandslos; man kann nur sagen, daſs ein größerer Reichthum an Silberkörnern die Röhre empfindlicher macht, man tauscht dafür aber einen Nachtheil ein: je mehr Silber, desto schlechter wird die Auslösungsfähigkeit, d. i. die Unterbrechung durch Erschütterung nach erfolgter Zeichengebung. Für die sichere Wirkung ist das aber die Hauptsache, ich lasse darum das Silber ganz fort und nehme nur reine Nickelfeile. Marconi empfiehlt ferner, die Röhre nach erfolger Füllung auszupumpen und dann erst zuzuschmelzen. Das erste ist nach meinen Beobachtungen ohne wesentlichen Einfluſs, das Zuschmelzen dagegen empfehlenswerth, weil es die richtige Lage der begrenzenden Silber-

Digitized by Google

kolben sichert. Die Zuleitung bewirken Platindrähte, die mit den Silberkolben verlöthet werden. Von allergrößter Wichtigkeit ist es aber, daſs man die Metallkörner mit der Lupe von möglichst gleicher Größe aussucht, die scharfkantigen, zackigen und spitzigen bevorzugt, die rundlichen thunlichst vermeidet. Vor der Füllung muſs man sie sorgfältig reinigen und trocknen. Trotzalledem ist man vom Zufall abhängig; von einer ganzen Reihe, die in gleicher Weise hergestellt sind, hat man immer einige auszumerzen, theils wegen zu geringer oder zu großer Empfindlichkeit, theils wegen mangelnder Auslösungsfähigkeit.

Die Anordnung von Marconi's Empfänger will ich zunächst übersichtlich erläutern. Der stark ausgezogene Stromkreis (Fig. 8), welchen ich als Hauptkreis bezeichnen will, enthält in Hintereinanderschaltung ein kleines Trockenelement *A* von 1,5—1,2 Volt elektromotorischer Kraft, ein empfindliches Relais *B* und die Frittröhre *C*. Relais nennt man bekanntlich einen in der Telegraphie viel benutzten Uebertrager, der auf sehr geringe Ströme anspricht und dabei eine Zunge bewegt, die einen zweiten Stromkreis mit stärkerer Batterie, der sogenannten Ortsbatterie schließt. Ist der Fritter ausgelöst, so ist der Stromkreis unterbrochen; die Zunge des stromlosen Relais lehnt gegen den Ruhestift. Nach erfolgter Bestrahlung gestattet die Frittung in *C* die Ausbildung eines Stromes, welcher die Relaiszunge auf den Arbeitsstift legt. Dadurch schließt sich der Neben-

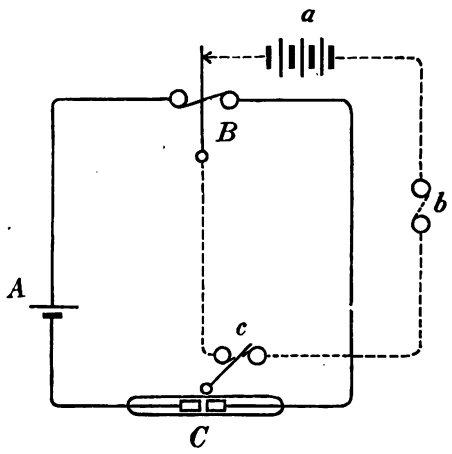


Fig. 8.

Digitized by Google

kreis der Ortsbatterie *a* und der darin eingeschaltete Morseschreiber *b* so wie der Klopfer *c* werden bethätigt. Bei dem ersten Schlage des Klopfers gegen den Fritter mufs dieser sich auslösen, dadurch wird der Hauptkreis stromlos, die Relaiszunge legt sich wieder auf den Ruhestift und schaltet die Ortsbatterie aus. Bei erneuter Bestrahlung wiederholt sich der Vorgang. Es ist klar, dafs man durch unterbrochene Bestrahlung des Fritters die Zeichen des Morse-Alphabets erzeugen kann.

Mit dieser einfachen Anordnung können wir im Zimmer oder von einem ins andere telegraphiren. In die Hauptwicklung des Induktoriums schaltet man einen gewöhnlichen Morsetaster, mit dem man für kürzere oder längere Zeit den Strom schliefst. Ich will die Handhabung an den beiden Apparaten erläutern, die hier zu beiden Seiten des Saales etwa 20 m von einander entfernt aufgestellt sind. Die Frittröhre ist mit Marineleim an einen längeren Glasstab gekittet, der zur wagerechten Befestigung an zwei senkrechten Metallständern dient. Unmittelbar vor dem mit Nickelfeile gefüllten Spalt befindet sich der Klopfer, ein kleiner Hornklöppel an einem Anker, der von dem dahinter liegenden Elektromagnet in ähnlicher Weise bewegt wird, wie der Klöppel einer elektrischen Klingel. Der Elektromagnet des Klopfers ist hier parallel zu dem Morseschreiber bezw. zu einem elektrischen Läutewerke geschaltet und nicht, wie die Zeichnung der Uebersichtlichkeit wegen angiebt, in Hintereinanderschaltung. Ich verbinde nunmehr ein Trockenelement mit dem Hauptstromkreis und schalte das Läutewerk parallel zum Klopfer in den Nebenkreis. Wie Sie bemerken, bleibt Alles in Ruhe, da der Hauptkreis in dem Fritter völlig unterbrochen ist, die Zunge des Relais legt sich gegen den Ruhestift. Sobald ich nun aber eine elektrische Strahlung erzeuge, welche die Frittröhre trifft, ändert sich das Bild. Die Nickelfeile bildet elektrischen Schlufs, das Trockenelement sendet einen Strom durch das Relais und dieses schliefst den Nebenkreis. Sie hören das Klingelzeichen und den Schlag des Klopfers

Digitized by Google

gegen die Röhre, wodurch der Stromkreis wieder unterbrochen wird. Lasse ich andauernd schwingende Entladungen am Strahlapparat übergehen, so folgt auf jede Unterbrechung eine erneute Bestrahlung, der Vorgang wiederholt sich, so lange ich will, die Klingel und der Klopfer arbeiten weiter. Das Rufzeichen ist gegeben, wir schalten das Läutewerk aus, den Morseschreiber ein, das Telegraphiren kann beginnen.

(Es folgt die Sendung eines Telegramms.)

Soweit ist alles einfach und leicht zu verstehen. Marconi, ein noch jugendlicher Italiener im Anfang der Zwanziger, begann seine Versuche auf dem Landgute seines Vaters bei Bologna, angeregt durch die Vorlesungen Righis an der Universität zu Bologna. Dort machte er auch die schöne und folgenreiche Entdeckung, von der ich schon gesprochen habe. Er fand, dafs die Entfernung, welche er mit den geschilderten Einrichtungen erreichen konnte, mehr als verhundertfacht wurde, wenn er den einen Pol seines Strahlapparates mit einem senkrechten Draht, den anderen Pol mit der Erde verband und die gleiche Einrichtung an dem Empfänger traf. Noch bis zur Mitte dieses Sommers glaubte er, dafs zur Erreichung dieses Erfolges Kapazitäten erforderlich seien, welche er in Form von Zinkplatten oder Zinkcylindern an den obersten Enden der Luftdrähte anbrachte. In seiner vor mehr als Jahresfrist verfafsten und vor einigen Monaten veröffentlichten englischen Patentschrift legt er auf diese Kapazitäten besonderen Werth. Die Versuche, welche er im Frühjahr in England und im Sommer in Spezia anstellte, scheinen ihn nach einer brieflichen Mittheilung nunmehr auch zu der Ueberzeugung gebracht zu haben, dafs die umständlichen Kapazitäten nutzlos seien: es ist lediglich die Länge des Luftdrahtes, wodurch die Ueberschreitung grofser Entfernungen bedingt wird.

Die Erforschung der Funkentelegraphie ist in den begrenzten Räumen eines Laboratoriums nicht möglich. Man braucht dazu kilometerlange Entfernungen in freier Luft, nicht unterbrochen durch Wälder, Berge oder Häuser. Das senk-

Digitized by Google

rechte Ausspannen langer gut isolirter Drähte ist keine einfache Sache, noch dazu, wenn, wie bei den ersten Versuchen Marconi's, die oberen Enden mit großen Kapazitäten versehen werden sollen.

Marconi kam ein überaus glücklicher Umstand zu Hülfe. Der Chefingenieur der englischen Telegraphenbehörde, Mr. Preece, hatte sich seit Jahren bemüht, die Leuchtschiffe an der englischen Küste und kleine in der Nähe derselben liegende Inseln telegraphisch mit dem Festlande zu verbinden ohne Benutzung von Kabeln. Er spannte parallele Drähte aus, deren Enden in das Wasser geführt wurden; jeder derselben stellte somit einen geschlossenen Kreis dar. Wurden nun durch den einen kräftige, absetzende, elektrische Ströme oder Wechselströme gesandt, so riefen sie durch Induktion in dem parallel gestellten Draht elektrische Stromstöße hervor, die durch einen eingeschalteten Fernsprecher hörbar gemacht werden konnten. Schon im Jahre 1892 hatte er auf diese Weise zwischen Penarth und Flatholm im Bristol-Kanal eine telegraphische Verbindung hergestellt. Auch hier bei uns auf dem Wannsee haben die Herren Rathenau und Rubens ähnliche erfolgreiche Versuche ausgeführt. Man scheint indefs über beschränkte Entfernungen nicht hinausgekommen zu sein, zudem bereitet die Anrufvorrichtung nicht unerhebliche Schwierigkeiten.

An Mr. Preece wandte sich Marconi; er fand sofort Verständnifs und thatkräftige Unterstützung. Auf dem alten Versuchsfelde zwischen Penarth und Flatholm im Bristol-Kanal wurden zwei Standorte eingerichtet und am 10. Mai begannen die denkwürdigen Versuche, die von Mr. Preece persönlich und seinen Ingenieuren Mr. Gavey und Mr. Cooper geleitet wurden.

Auf der etwa 20 m hohen Klippe von Lavernock Point (vgl. die Karte des Bristol-Kanals), 1 Stunde von dem freundlichen Badeort Penarth entfernt, war ein 30 m hoher Mast errichtet, durch Drahtseile gehalten, über dessen Spitze ein cylindrischer Zinkhut von 2 m Höhe und 1 m Durchmesser

Digitized by Google

gestülpt war. Von dem Zinkcylinder führte ein isolirter Kupferdraht bis zum Fuße des Mastes an den einen Pol des Empfängers. Der andere Pol war durch ein langes Drahtseil, die Klippe hinunter, mit dem Meere verbunden. Mitten im Kanal, 5 km entfernt von Lavernock Point, liegt das kleine Eiland Flatholm, auf seinen hohen Klippen mit Kanonen gespickt, zugleich der Standort eines Leuchtthurms. Dort war der Sendeort. In einem Bretterhäuschen stand der Strahlapparat mit einem verhältnifsmäßig kleinen Induktorium (25 cm Schlagweite) von einem 8zelligen Akkumulator gespeist. Die vollen Messingkugeln von 10 cm Durchmesser waren bis auf 2 mm genähert und durch eine Schicht Vaselinöl getrennt. Die äußeren Kugeln, gleichfalls voll, von etwa 4 cm Durchmesser, in einem Abstand von 10 mm von den inneren Kugeln, waren einerseits mit einer Kapazität auf einem Mast von genau gleichen Abmessungen wie in Lavernock Point, andererseits mit dem Meere verbunden.

Am ersten Versuchstage wurden zwei kilometerlange Drähte auf beiden Seiten über die Klippen gelegt, um nach dem älteren Verfahren von Mr. Preece eine Verbindung mit Fernsprechern herzustellen, was auch nach kurzer Zeit gelang. Am zweiten Tage sollte nach dem Marconi'schen Verfahren telegraphirt werden. Zunächst gelang es nicht, Zeichen überhaupt zu erhalten. Man schrieb die Schuld den eisernen Drahtseilen zu, welche den Mast hielten und den Empfangsdraht wie einen Käfig umgaben. Nach meinen eigenen späteren Erfahrungen war der Hauptgrund für den Mifserfolg in der unzureichenden Länge des Empfangsdrahtes zu suchen. Als man am andern Tage diesen um etwa 20 m verlängerte, um den Empfänger seitlich vom Mast entfernt aufzustellen, kamen die ersten aber nach undeutlichen Zeichen. Der volle Erfolg war erst am nächsten Tage vorhanden, nachdem man mit dem Empfangsapparat hinunter an den Strand gezogen war und damit die wirksame Länge des Drahtes fast verdoppelt hatte. Es wird mir eine unvergefsliche Erinnerung bleiben, wie wir, des starken Windes wegen in einer großen Holz-

Digitized by Google

kiste zu Fünfen über einander gekauert, Augen und Ohren mit gespanntester Aufmerksamkeit auf den Empfangsapparat gerichtet, plötzlich nach Aufhissung des verabredeten Flaggenzeichens, das erste Ticken, die ersten deutlichen Morsezeichen vernahmen, lautlos und unsichtbar herübergetragen von jener felsigen, nur in undeutlichen Umrissen wahrnehmbaren Küste, herübergetragen durch jenes unbekannte geheimnifsvolle Mittel, den Aether, der die einzige Brücke bildet zu den Planeten des Weltalls. Es waren die Morsezeichen des v, welche der Verabredung gemäß herüberkamen und der Liebenswürdigkeit meiner Gastfreunde verdanke ich den Besitz dieser ersten Zeichen, welche in Fig. 9 auf der Tafel durch Autotypie wiedergegeben sind.

Nach meiner Abreise wurden die Versuche fortgesetzt, und es gelang, wie mir Mr. Preece mittheilte, zwischen Lavernock Point und Brean Down, quer über die ganze Breite des Kanals (14,5 km) telegraphische Verständigung zu erzielen. Bei diesem Versuch wurden auf beiden Standorten Drachen benutzt, um die senkrechten Drähte zu halten. Wie lang dieselben waren, ist mir nicht bekannt geworden. —

Zurückgekehrt ging ich sofort daran, die Versuche zu wiederholen. Ich baute die Apparate, die Sie hier vor sich sehen, im Großen und Ganzen nach dem Marconi'schen Verfahren. Einige Vereinfachungen, die ich dabei vorgenommen und die sich bewährt haben, werde ich in einem Nachtrag im Zusammenhang erläutern.

Unser erster Versuch, den wir Ende Juni ausführten, bestand in der telegraphischen Verbindung dieses Hörsaales mit der chemischen Fabrik von A. Beringer, am Salzufer gelegen. Wir hatten dort einen Wasserthurm zur Verfügung, um den Sendedraht zu befestigen. Der Versuch glückte sofort, doch zog ich es vor, denselben schleunigst abzubrechen, da eine Anfrage des Fernsprechamts einlief, ob am Salzufer örtliche Gewitter aufträten, die sämmtlichen Linien dorthin seien gestört. Wir lagen also dort mit unserem Strahlapparat den Fernsprechdrähten zu nahe.

Digitized by Google

Die nächste Verbindung erfolgte mit dem Wohnhause eines meiner Assistenten an der Ecke der Berliner und Sophienstrafse. In einem Kellerraum des einstöckigen Hauses wurde der Strahlapparat aufgestellt. Die Entfernung in der Luftlinie beträgt etwa $^1/_4$ km, doch liegen zahlreiche hohe Bäume dazwischen, welche die Strahlung durchdringen mufs. Wir wollen heut Abend den Versuch wiederholen.

Hier im Saal steht der Empfänger mit dem Morseschreiber. Der eine Pol des Fritters ist mit der Wasserleitung verbunden, also an Erde gelegt; an dem anderen Pol ist ein isolirter Kupferdraht befestigt, der im Nebenzimmer zum Fenster hinausführt und mittelst eines Porzellanisolators an der Dachkante des Hauses aufgehängt ist. Drüben am Sendeort ist ein gleicher Draht gut isolirt an der Spitze der Fahnenstange befestigt, die zugleich den Blitzableiter des Hauses bildet. Er führt frei durch die Luft bis in die Nähe des Erdbodens und von hier mittelst isolirender Stützen in den Raum, wo der Strahlapparat steht, von gleichen Abmessungen wie der hier auf dem Tische befindliche.

(Es erfolgt die Aufnahme eines Telegramms.)

Zur wissenschaftlichen Erforschung der merkwürdigen Erscheinung genügen aber so geringe Entfernungen nicht. Ich war so glücklich, die Allerhöchste Erlaubnifs zu erhalten, auf den Gewässern der Havel bei Potsdam und in den umliegenden Königlichen Gärten Versuche anstellen zu dürfen. Fast 2 Monate konnte ich auf diese Forschungen verwenden, unterstützt von den Mannschaften der Königlichen Matrosenstation.

Es waren die unterhaltendsten, angenehmsten Studien, die ich je betrieben, in dem herrlichen Laboratorium der Natur unter einem fast immer lachenden Himmel in paradiesischer Umgebung. Die planmäßig angestellten Versuche brachten uns, wenn auch keine Erklärung der Erscheinungen, so doch eine Fülle von Anregungen und wichtige Anhaltspunkte für die weitere erfolgreiche Ausdehnung der Funkentelegraphie.

Digitized by Google

Unser Hauptquartier war auf der Matrosenstation an der Glienicker Brücke. Dort standen die Empfangsapparate. Der vorhandene Flaggenmast wurde wesentlich erhöht, so dafs die oberste Spitze des blanken Empfängerdrahtes 26 m über dem Erdboden lag. Unser erster Sendeort war die Pfaueninsel, 3 km entfernt. Die Apparate, Batterien, Induktorien und Strahlapparate wurden in einem Zimmer des dortigen Schlosses aufgestellt. An der wohlbekannten eisernen Brücke, welche die beiden Thürme des Schlosses verbindet (Fig. 10), wurde

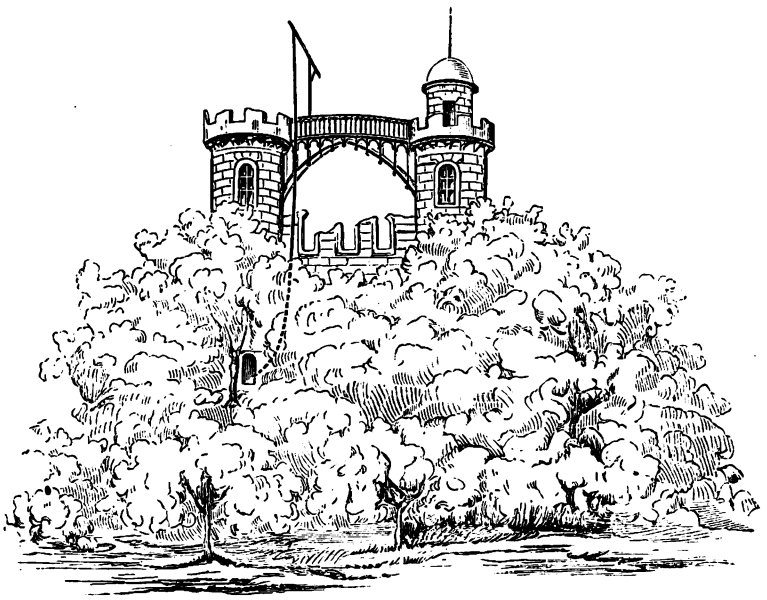


Fig. 10.

ein Mast befestigt zur Aufnahme eines senkrecht am Schlofs heruntergeführten 26 m langen Drahtes, der an Isolatoren hängend durch das Fenster bis in's Zimmer geführt wurde. An beiden Orten war gute Erdverbindung durch einen Draht hergestellt, der bis zur Havel ging und dort an einer großen im Wasser liegenden Zinkplatte verlöthet wurde.

Digitized by Google

Die ersten Versuche, welche angestellt wurden, brachten kein befriedigendes Ergebnifs. Wohl kamen Zeichen an, sie waren aber zerrissen und unleserlich. Dazu traten Störungen ganz unvorhergesehener Art, unregelmäßige Zeichen, die nicht gesandt waren. Besonders viel zu schaffen machten uns die letzteren. Da der Empfänger sie nur anzeigte, wenn sein Pol mit dem Luftdraht verbunden war, so mufste in diesem die Störungsquelle vermuthet werden. An luftelektrische Ursachen dachte ich zunächst noch nicht, war doch die Luft klar und rein und ohne jede Gewitterschwüle. Bei den englischen Versuchen hatte ich allerdings die Wirkungen der Luftelektricität kennen gelernt, aber sie waren sehr gering gewesen. Sobald man den Draht vom Empfänger gelöst und einige Zeit isolirt in der Hand gehalten hatte, sprach die Frittröhre an, wenn man den Kupferdraht wieder an den Pol legte, und zwar konnte man den Versuch drei bis vier Mal hinter einander wiederholen mit immer schwächer werdender Wirkung, bis diese ganz ausblieb. Dann mufste man einige Zeit warten, ehe man die Erscheinung wiederholen konnte. Wir hatten es offenbar mit elektrischen Ladungen aus der Luft in Folge der großen Kapazität an der Spitze des Drahtes zu thun. Die Wirkungen waren indefs so gering, dafs sie das Telegraphiren nicht störten. Hier in Potsdam waren die Erscheinungen viel stärker, obwohl die große Kapazität an den Enden der Drähte fehlte. Ich hatte sie fortgelassen, weil ich an ihre Wirkung von Anfang an nicht glaubte. Zudem hatte mir Kapitän Jackson von der englischen Marine erzählt, dafs er zwischen zwei Schiffen auf 2 km Entfernung mit einfachen Drähten, die ohne Kapazität am Mast hochgebracht waren, telegraphiren konnte. Ich will Sie mit den vielen erfolglosen Versuchen, die vorgenommen wurden, den Uebelthäter zu entdecken, nicht ermüden. Es wurde endlich außer Zweifel gestellt, dafs wir es thatsächlich mit Luftelektricität zu thun hatten, die sich aber nur deshalb so störend bemerkbar machte, weil unser elektrisches Auge allzu empfindlich war. Es enthielt zu feines und ungleich-

Digitized by Google

mäßiges Pulver und zuviel Silber. Dies führte zu einer völligen Umgestaltung unserer Frittröhren, wir machen sie seitdem mit gröberen sorgfältig ausgesuchten Körnern und ohne Silber. Im Laboratorium hatten unsere Fritter vorher vortrefflich gearbeitet, wir freuten uns über ihre große Empfindlichkeit, im Freien versagten sie. Die Natur zwang uns, ihre eigene unerwünschte Telegraphirthätigkeit durch Anwendung gröberer Mittel außer Dienst zu stellen.

Der andere Uebelstand, das Zerreißen unserer Zeichen, konnte nicht so schnell beseitigt werden. Da die Pfaueninsel von der Matrosenstation aus nicht gesehen werden kann, war eine Verständigung durch Flaggenzeichen nicht möglich, der Verkehr durch Boten zu zeitraubend und mühevoll. Ich nahm deshalb zunächst die Studien mit einem günstiger gelegenen Sendeort auf, mit der Sacrower Heilandskirche, welche 1,6 km in der Luftlinie von der Matrosenstation entfernt und sichtbar ist, so daſs eine Verständigung durch Flaggenzeichen möglich war. Durch die Güte des Kommandeurs der Luftschifferabtheilung, Herrn Majors Nieber, kam ich später in den Besitz eines Fernsprechkabels, welches durch die Havel gelegt wurde, so daſs die Versuche nunmehr schneller aufeinander folgen konnten.

Die Lage der Sacrower Kirche ist Ihnen bekannt (Fg. 11, umstehend). Seitlich von der Basilika steht der Glockenthurm, der unmittelbar unter seinem Dach eine Plattform trägt. Dort wurde ein Mast befestigt und an seiner äußersten Spitze, 23 m über dem Erdboden, mit Hülfe eines Porzellanisolators der isolirte Kupferdraht aufgehängt. Zur Aufstellung des Strahlapparates wählten wir den Säulengang der Kirche, um bei Regenwetter geschützt zu sein. Das war unser Glück, eine andere Anordnung, die später gewählt wurde, hätte uns nicht sofort zum Ziele geführt.

Die in Sacrow aufgegebenen Telegramme kamen auf der Matrosenstation mit tadelloser Klarheit und Bestimmtheit an. Die atmosphärischen Störungen waren durch die unempfindlicheren Frittröhren endgiltig beseitigt; das Zerreißen der

Digitized by Google

Morsestriche hatte aufgehört. Nur manchmal, wenn Spreekähne mit ihren grofsen aufgespannten Segeln in unmittelbarer Nähe der Kirche vorüberfuhren, gab es einige zerrissene Morsestriche, die aber immerhin noch zu lesen waren. Einmal allerdings wurden wir durch Undeutlichkeit der Zeichen in lebhafte Bestürzung versetzt. Es war gerade an dem

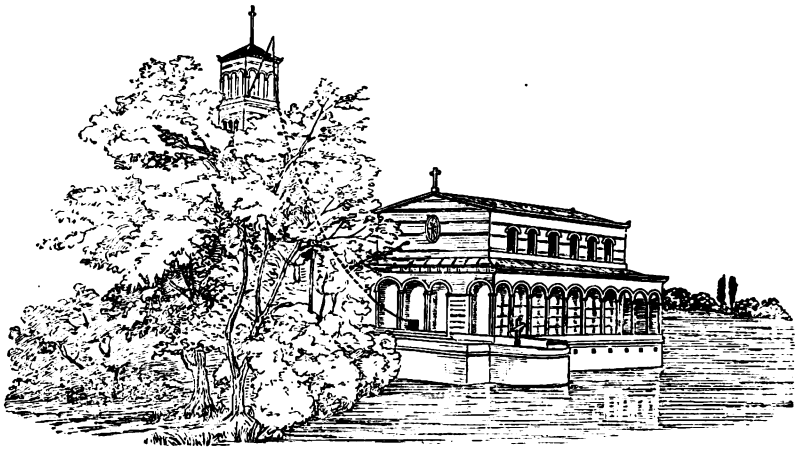


Fig. 11.

Tage, an welchem S. M. der Kaiser die Einrichtungen besichtigen wollte. Kurz vor Thoresschlufs gelang es uns erst, die Ursache der Störungen zu beseitigen. Wir hatten, um gegen etwaigen Regen besser geschützt zu sein, den Strahlapparat tiefer in den Eingang der Kirche gerückt, dabei war der Sendedraht, welcher stark durchhing, auf etwa 2 m Länge, dem Fliesenboden der Kirche auf etwa 30 cm nahe gekommen. Spätere Versuche haben uns deutlich gezeigt, dafs jede parallele Lage eines Theiles des Drahtes in der Nähe des Erdbodens verhängnifsvoll ist. Es giebt eine gewisse Mindestentfernung, bei der die elektrischen Strahlen nicht mehr in den Raum, sondern direkt zur Erde übergehen. Nachdem wir den Draht verkürzt und straffer angezogen hatten, war die Störung beseitigt. Das Telegraphiren gelang vorzüglich, S. M. der

Digitized by Google

Kaiser gab selber ein Telegramm auf und konnte sich bei der Rückkehr nach der Matrosenstation von der sicheren Ankunft desselben überzeugen.

Weitere Versuche an der Sacrower Kirche ergaben ein wichtiges Resultat. Als ich den Sendedraht senkrecht am Glockenthurm herunterführte zu dem am Eingang des Thurmes aufgestellten Strahlapparat blieben die Zeichen vollkommen aus. Nach längeren Versuchen erst wurde die Hinderungsursache erkannt und damit zugleich eine Erklärung des anfänglichen Mifserfolges mit der Pfaueninsel gewonnen. In unmittelbarer Nähe des Glockenthurmes befanden sich hohe Baumgruppen, welche den vertikalen Draht fast völlig verdeckten, so dafs man von der Matrosenstation mit einem Fernrohr nur das oberste Stück des Drahtes erkennen konnte. Die von dem Draht ausgehenden Strahlen wurden ebenso wie die Lichtstrahlen von der Baumgruppe verschluckt bezw. zur Erde abgeleitet. Die Hauptbedingung für das Gelingen der Funkentelegraphie ist, dafs alle Hindernisse, welche sich in der Nähe vor dem Sendedraht befinden, beseitigt werden, die beiden Drähte, am Sender und Empfänger, müssen sich gleichsam sehen können. Wie lagen die Verhältnisse nun bei der Pfaueninsel? Werfen Sie einen Blick auf die Karte, ein Meſstischblatt der Generalstabsaufnahme; die eingezeichnete Linie ist die Verbindung der Standorte unserer Apparate. Wie Sie sehen, schneidet diese nicht nur eine bewaldete als Landzunge vorspringende Anhöhe, sondern eine ganze Gebäudegruppe, den Jägerhof im Park von Glienicke. Durch diesen mufsten die Strahlen hindurch und es erklärt sich dadurch ihre auffallende Schwächung.

Zuerst hatte ich den Blitzableiter auf dem Schlofs der Pfaueninsel als Störenfried im Verdacht gehabt. Ich ließ seine Erdverbindung herausnehmen — ohne Erfolg. Sodann zog ich mit meinem Empfänger weiter nach Westen, in die Nähe der Marmorbank im Neuen Garten. An einem hohen Baume hatten die flinken Matrosen bald einen Mast befestigt, dessen Spitze 23 m über der Erde war. Nun lag zwischen

Digitized by Google

den beiden Drähten die bewaldete und bebaute Landzunge nicht mehr im Wege. Das Ergebnifs war besser, aber noch nicht zufriedenstellend. Auf der Pfaueninsel waren noch Baumgruppen vor dem Draht, welche ihn verdeckten. Ich ließ den Draht von dem Mast am Schlofs mit einer geringen Neigung zunächst an einen Flaggenmast führen, unmittelbar an dem erhöhten Ufer der Pfaueninsel, von dort herunter zum Ufer an den Strahlapparat. Jetzt lag der Draht ganz frei, er war sichtbar, aber seine Länge war angewachsen auf 65 m, während die Länge des Empfängerdrahtes nur etwa 26 m betrug. Die Zeichen wurden wiederum deutlicher, aber noch nicht völlig bestimmt. Wenn zahlreiche hohe Segel, oder noch schlimmer, wenn Dampfer mit stark aufsteigendem Qualm dazwischen kamen, so zerrissen wieder die Morsezeichen. Nun schritt ich zur letzten Veränderung. Ich machte den Empfängerdraht von gleicher Länge, 65 m. Dazu mufste ich auf die Havel hinaus; auf einem Prahm, durch ein Zelt geschützt, wurde der Apparat aufgestellt. Sofort kamen die Zeichen tadellos, nicht mehr zerrissen durch Segel oder Rauch.

Verlängerung, Sichtbarmachung der Drähte und Abstimmung auf gleiche Länge hatten den Erfolg bewirkt. Ungeändert war dagegen die Höhe der Aufhängepunkte geblieben. Was war nun das Wesentliche? Um dies zu entscheiden, zog ich wieder zur Matrosenstation zurück und arbeitete auch dort mit einer Drahtlänge von 65 m auf einem Prahm. Mit einem Mal war Alles in schönster Ordnung, die Zeichen von der Pfaueninsel kamen so sicher und genau, wie in den Räumen des Laboratoriums.

Deutlich haben die Versuche gezeigt, dafs den ausschlaggebenden Einflufs Länge und Gleichheit der Drähte besitzen. Dazwischenliegende Hindernisse stören zwar, lassen sich aber überwinden, wenn man die Drähte nur genügend lang machen kann.

Besondere Versuche wurden angestellt, um zu sehen, ob senkrecht ausgespannte Drähte vor dem Empfängerdraht die

Digitized by Google

Aufnahme stören. Der Flaggenmast auf der Matrosenstation wird durch eine ganze Reihe von eisernen Drahtseilen gehalten. Ich stellte den Empfänger, der bis dahin immer seitlich von dem Flaggenmast angebracht war, weil ich den Einfluſs der Drahtseile fürchtete, dicht an den Mast, so daſs die Drahtseile den Apparat wie ein eiserner Käfig umgaben. Die sichere Zeichengebung von der Sacrower Kirche wurde dadurch nicht gestört. Ich muſs bemerken, daſs alle Drahtseile mit Ausnahme eines einzigen Erdschluſs hatten, wie durch Messung festgestellt wurde. Nur ein einziges und zwar das vorderste, welches dicht am Ufer befestigt war, hatte ich durch ein eingeschaltetes kurzes Hanfseilstück von der Erde isolirt; ein zweites, unmittelbar dahinter liegendes, im Abstand von wenigen Centimetern zum ersteren fast parallel laufendes, hatte gute Erdverbindung. Ich hatte das vordere Drahtseil isoliren lassen, um dasselbe geeignetenfalls als Empfängerdrath benutzen zu können. Dies glückte auch, aber die Wirkungen waren auffallend schwächer und die Zeichen nicht immer ganz vollständig. Ich lernte hier zuerst die mangelhafte Wirkung des Eisens als Material für den Empfängerdraht sowie die Schädlichkeit des Dralls kennen, wovon weiter unten noch die Rede sein wird.

Ein geringer Drall hat keinen nachtheiligen Einfluſs. Dies zeigte ein Versuch mit blankem Kupferdraht, den ich in einigen Windungen um den hölzernen Flaggenmast herumführte, ehe ich sein Ende mit dem Apparat verband. Ich erhielt keine Schwächung der Zeichen, auch dann nicht, als ich ein Stück des Drahtes zu einer Spule aufwickelte mit 40 Windungen.

Ein in den Empfängerdraht eingeschalteter Widerstand von 100 Ohm ließ gleichfalls keine Schwächung der Zeichen erkennen. Eine Erhöhung dieses Widerstandes auf 1000 Ohm schwächte dieselben dagegen erheblich und machte sie fast unleserlich.

Schließlich möchte ich hier noch eine Thatsache erwähnen, die uns mehrfach entgegentrat, aber nicht völlig

Digitized by Google

aufgeklärt werden konnte. Bei den Versuchen, sowohl mit Sacrow als mit der Pfaueninsel, bei denen abgerissene Zeichen überhaupt auftraten, konnten wir eine Zunahme der Störungen bemerken, sobald das Wetter windig wurde. Ich vermuthe, dafs die Bewegung der Blätter an den Bäumen, welche die Strahlen auf ihrem Wege zu durchdringen hatten, einen größeren und wechselnden Widerstand herbeiführte. Es wäre auch möglich, dafs bewegte Luft die Ladung des Drahtes beschleunigt. Ein Einfluſs der Luftfeuchtigkeit konnte niemals beobachtet werden, Nebel oder Regenwetter störten die Zeichengebung nicht.

Bei den Versuchen in Potsdam verfolgten wir lediglich den Zweck, uns zunächst mit den Erscheinungen der Funkentelegraphie näher vertraut zu machen, wichtige Grundbedingungen für das Gelingen kennen zu lernen, die Apparate zweckentsprechender auszubilden und uns in der Handhabung derselben zu üben. Die Grenzen der Verwendbarkeit festzustellen, weite Entfernungen zu überwinden, das war nicht die Aufgabe, die wir in Potsdam zu lösen gedachten. Dafür waren von vornherein andere, günstigere Oertlichkeiten und Mittel ins Auge gefafst. Es wurde darum auch die Frage zunächst außer Acht gelassen, wie etwa die Funkengebung am Strahlapparat wirkungsvoller zu gestalten wäre. Wir arbeiteten in Potsdam immer mit denselben bescheidenen Mitteln: mit einem Funken-Induktor von Siemens & Halske für 25 cm Schlagweite, einer Akkumulatorenbatterie von 8 Zellen und dem hier stehenden Strahlapparat, dessen Abmessungen aus Fig. 2 hervorgehen. Der Abstand der großen Kugeln betrug beständig 2 mm im Oel, die kleineren äußeren Kugeln waren in wechselnder Entfernung von 3 bis 15 mm. Einen Einfluſs der Länge der äußeren Funken konnten wir bei der geringen Entfernung nicht mit Sicherheit erkennen. Die Einstellung erfolgte immer so, dafs die Funken im Oel möglichst gleichmäßig und mit weißlichem Lichte auftraten.

Ehe ich nun zu den größeren Entfernungen übergehe, will ich kurz über einige Versuche berichten, welche Marconi

Digitized by Google

im Juli dieses Jahres, in Spezia mit Unterstützung der italienischen Marine angestellt hat, und über welche im Septemberheft der Rivista marittima ausführliche Mittheilungen erfolgt sind.

Die Versuche erstreckten sich über den Zeitraum vom 10. bis 18. Juli. An den ersten 3 Tagen wurden Versuche am Lande ausgeführt, eine telegraphische Verbindung auf 3,6 km gelang vortrefflich.

Am 14. Juli telegraphirte man von dem Arsenal S. Bartolomeo nach einem in Fahrt befindlichen Schleppdampfer. Der Strahlapparat stand in S. Bartolomeo mit einem Luftdraht (Kupferkabel von 10 qmm Querschnitt) von 26 m Länge, an einem Mast befestigt. Funkeninduktor von 25 cm Schlagweite, erregt durch einen 4zelligen Akkumulator. Die inneren Kugeln des Strahlapparates hatten einen Durchmesser von 10 cm, die äußeren von 5 cm.

Der Empfängerdraht am Mast des Schleppdampfers von 16 m Länge und 10 qmm Querschnitt. Sende- und Empfängerdraht beide mit Kapazitäten an der Spitze in Form von Zinktafeln $0{,}4 \times 0{,}4$ m. Erdverbindung an beiden Orten durch Platten im Meer. Die telegraphische Verständigung wurde ermöglicht bis auf eine Entfernung von 4 km. Bei der Weiterfahrt des Dampfers versagte sie. Man schrieb den Mifserfolg einer mangelhaften Bedienung des Tasters am Strahlapparat sowie luftelektrischen Einflüssen zu.

Am 15. Juli wurde der Versuch in gleicher Weise wiederholt, nachdem man den Mast in S. Bartolomeo auf 30 m erhöht hatte. Bei der Abfahrt des Dampfers gab der Empfänger fortgesetzt Zeichen, obwohl der Sender noch nicht in Betrieb gesetzt war. Man schrieb dies Gewitterwolken zu, welche in der Ferne auftauchten. Die Versuche wurden erst wieder aufgenommen, nachdem das Wetter sich geklärt. Es wurden lesbare Depeschen gesandt bis auf eine Entfernung von 5,5 km. Die Fahrt des Dampfers wurde darauf so gerichtet, dafs eine Landzunge (Castagna) sich zwischen Sender und Empfänger legte. Die Zeichen wurden sofort unklar und unleserlich.

Digitized by Google

Am 16. Juli versuchte man unter den gleichen Bedingungen wie am 15. Es war klares Wetter. Die Zeichen blieben gut bis auf 7,48 km, bis 9 km konnten noch einige entziffert werden.

Am 17. und 18. Juli trat an die Stelle des Schleppdampfers das Panzerschiff S. Martino. Der Luftdraht in S. Bartolomeo wurde auf 34 m erhöht, die Stromquelle des Induktors durch einen 5zelligen Akkumulator gebildet. Der Empfängerdraht an Bord am Mast befestigt 17 m hoch, 22 m über Meer.

Am 17. Juli wurde das Panzerschiff 3,2 km von S. Bartolomeo verankert. Der Empfänger wurde an den verschiedensten Stellen des Schiffes aufgestellt; auch im Innern des Schiffes, in der Nähe der Maschine. Die telegraphische Verständigung war durchweg eine gute, auch als der Apparat in die untersten Räume des Schiffes gebracht wurde, war sie noch vorhanden, wenn auch weniger gut.

Die interessantesten Versuche fanden am 18. Juli statt. Das Panzerschiff in Fahrt, alle übrigen Bedingungen dieselben wie am Tage vorher. Bei der Ausfahrt glückte die telegraphische Verständigung bis auf 12,5 km, dann wurde sie mangelhaft. Das Schiff wendete, doch bei 10 km konnten erst wieder leidliche Zeichen (buoni se non ottimi ancora) erhalten werden.

Nach einer Pause fuhr das Panzerschiff 6 km von S. Bartolomeo wieder nach außen. Die telegraphische Verständigung war vollkommen bis auf 16,3 km. Von da ab kamen Unterbrechungen und Störungen, doch glückte es, einige Wörter noch bei 18 km zu entziffern. Der Empfänger stand hierbei am hinteren Ende des Schiffes. Als man wendete, kamen die eisernen Masten und Thürme des Schiffes zwischen Empfänger und Sender. Hierin vermuthete man die Ursache, dafs erst bei 12 km wieder die ersten unbestimmten Zeichen erhalten werden konnten. Die Fahrt des Schiffes wurde nun so gesteuert, dafs Inseln (Tino und Palmaria) sich dazwischen legten, die Verständigung hörte auf, obwohl die Entfernung zwischen Sender und Empfänger nur 7—8 km betrug. Erst

Digitized by Google

als die Luftlinie frei war, kamen bei 6,5 km wieder gute Zeichen. —

Diese Versuche bestätigen vollkommen die Erfahrungen, die wir mit der Pfaueninsel gemacht haben. Auch dort schwächte die zwischenliegende Landzunge des Jägerhofs die Wirkung der Strahlen, erst die durch Verlängerung des Drahtes verstärkte Wirkung gestattete die Ueberwindung des Hindernisses. Lehrreich ist ferner die Zunahme der Uebertragungsweite mit der Verlängerung (hier ausschließlich Erhöhung) der Drähte.

Nach den in Potsdam gesammelten Erfahrungen hielt ich die Anwendbarkeit der Funkentelegraphie auch auf größere Entfernungen für vollkommen sicher, falls es gelang, möglichst hohe und lange Sende- und Empfängerdrähte zu benutzen.

Es ist auf die eigenste Anregung Sr. Majestät des Kaisers zurückzuführen, dafs sich die Luftschifferabtheilung zur Verfügung stellte.

Ein Vorversuch auf dem Tempelhoferfelde hatte den Zweck, die leitenden Offiziere mit Art und Ausführung der Versuche bekannt zu machen. Zugleich sollte festgestellt werden, ob wir kräftige Funkenentladungen in das Fesselseil ohne Gefahr für das Luftschiff hinaufschicken durften; denn es bot sich als einfachstes Mittel die Benutzung dieser Stahlseile als Sende- und Empfängerdrähte dar. Zu dem Ende wurden zwei mit Leuchtgas gefüllte Luftschiffe an Seilen befestigt, deren oberste Theile in der Länge von 20 m aus Hanf bestanden, um das Ueberspringen von Funken auf das Luftschiff mit Sicherheit zu verhüten. Der mittlere Theil der Fesselseile bestand aus 100 m Drahtseil, wie es für gewöhnlich benutzt wird, der unterste Theil bis zur Winde wieder aus 20 m Hanfseil, um das Drahtseil thunlichst von der Erde zu isoliren. Von dem unteren Ende des Drahtseiles führte blanker Kupferdraht zu einem Pol der Apparate, die auf freiem Felde aufgestellt waren und deren anderer Pol mit Hülfe eines in den Boden gesteckten Säbels an Erde gelegt wurde. Der Sender befand sich in der Nähe von Rixdorf, der Empfänger 3 km davon entfernt in der

Digitized by Google

Nähe des Uebungsplatzes der Luftschifferabtheilung in Schöneberg. Die Verbindungen mit dem Luftschiff waren an beiden Orten völlig übereinstimmend. Es ist vielfach vermuthet worden, dafs die Telegraphenapparate in den Tragkörben der Luftschiffe untergebracht gewesen seien, um von oben nach unten Telegramme zu senden. Das wäre vollständig überflüssig, da eine bessere Verbindung der Luftschiffer mit der Erde als die jetzt übliche durch Fernsprecher, nicht erforderlich ist. Das gefesselte Luftschiff hat bei den vorliegenden Versuchen lediglich die Rolle eines Trägers der Luftdrähte übernommen, es brauchte nicht bemannt zu werden. Wollte man die Apparate im Korbe unterbringen, so müfste unter allen Umständen noch eine zweite Leitung zur Erde geführt werden. Bei heftigem Winde könnten beide Leitungen sich berühren und dadurch Störungen veranlassen. Zudem scheint mir auch die Unterbringung des Strahlapparates mit seinen kräftigen Funken in unmittelbarer Nähe des Luftschiffes nicht ungefährlich. Irgend welche Metalltheile an demselben könnten die Rolle eines unerwünschten „Resonators“ übernehmen und durch Funkenbildung das Gas entzünden.

Die Kapazität der dicken Drahtseile war sehr viel gröfser als diejenige der bisher benutzten dünnen Kupferdrähte, so dafs wir am Strahlapparat nur verhältnifsmäßig schwache Funken erzeugen konnten. Eine Verstärkung des Funkengebers war mit Absicht unterblieben. Trotzdem arbeitete die Einrichtung vollkommen zufriedenstellend, die Wirkungen auf den Empfänger waren sogar viel zu kräftig, so dafs wir unsere unempfindlichsten Frittröhren benutzen mufsten. Störungen durch Luftelektricität waren allerdings vorhanden, doch waren sie von kurzem Verlauf, sie zeigten sich auf den Morsestreifen durch Punkte an und störten die eigentlichen Zeichen nicht, die aus kurzen und langen Strichen gebildet wurden.

Ich war jetzt meiner Sache sicher und beschlofs, sofort auf Entfernungen überzugehen, weiter als alle bisher erreichten. Als passender Ort bot sich Rangsdorf dar, an der

Digitized by Google

Militärbahn in der Nähe von Zossen gelegen und 21 km in der Luftlinie von Schöneberg entfernt. Die Beförderung des Luftschiffes, der Wasserstoffflaschen, der Apparate und der Mannschaften war durch die Militärbahn wesentlich erleichtert. Außerdem stellte uns das Kommando derselben in dankenswerthester Weise eine Fernsprechleitung zur Verfügung, so daſs man sich jederzeit leicht verständigen konnte. Rangsdorf war der Sendeort. Die eigentlichen Versuche umfaſsten 3 Tage und währten jedesmal von 10 bis 3 Uhr. Im Folgenden will ich die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammenstellen.

Dienstag, den 5. Oktober.

Wetter. Nach mäßigen Niederschlägen am Abend vorher, war in der Nacht Aufklärung eingetreten. Wolkenloser Himmel bis 10 Uhr, dann geringe Bewölkung. Am Morgen starker Thau. Temperatur ca. 8° C. Barometerstand 770,5. Luftfeuchtigkeit ca. 70 %. Steifer Ostwind.

Des starken Windes wegen wurden Drachenluftschiffe (System von Siegsfeldt) mit Wasserstofffüllung benutzt, von der Winde 500 m Drahtseil abgelassen, am Luftschiff und an der Winde je 20 m Hanfseil eingeschaltet. Das Luftschiff in Rangsdorf war mit einem Höhenmesser ausgerüstet. Fig. 12 (S. 41) zeigt die abgenommene Schaulinie. Die Schwankungen in der Höhenlage waren ziemlich beträchtlich, im Mittel stand das Luftschiff 300 m über dem Erdboden.

Sender und Empfänger waren durch isolirten Kupferdraht von 1 mm Durchmesser mit den unteren Enden des Drahtseils verbunden. Erdverbindung in Rangsdorf: Kupferplatte im angefeuchteten Erdreich, in Schöneberg: Säbel in Erde gesteckt. Infolge der großen Kapazität des Drahtseils ließen sich am Strahlapparat nur kleine Funken einstellen. Oelfunken 1 mm, äußere 2 mm.

Beim Befestigen der Luftdrähte an den Polen der Apparate empfingen wir heftige elektrische Schläge, selbst beim Berühren der Isolation mit dicken Lederhandschuhen. Beim Losreißen der Drähte, durch den heftigen Wind einigemal

Digitized by Google

verursacht, gab es ein wildes Durcheinanderspringen der herumstehenden Mannschaften, um nicht von dem hin und hergepeitschten Draht getroffen zu werden. Glückte es, ihn einzufangen, so wurde er sofort mit einem Säbel an Erde gelegt.

Das Ergebnifs in Schöneberg war ganz unbefriedigend. Einige Zeichen kamen zwar an, aber zerrissen und unbestimmt. Selbst wenn nicht telegraphirt wurde, arbeitete der Apparat unaufhörlich in Strichen und Punkten, lediglich infolge heftig abströmender Luftelektricität. Es wurde uns sofort klar, dafs diese Störungen auf die große Kapazität des Drahtseils zurückzuführen waren, die zudem in Rangsdorf die Funken schwächte.

Mittwoch, den 6. Oktober.

Wetter im Allgemeinen unverändert. Himmel bewölkt. Temperatur 7° C. Barometerstand 769,9. Luftfeuchtigkeit 63 %. Kalter Nordost.

Die Luftschiffe standen zunächst mit 300 m Drahtseil, von 1 Uhr ab mit 400 m, ihre Höhe betrug nach Ausweis des Höhenmessers (Fig. 13 S. 41) 200 m bezw. 280 m. Schwankungen in der Höhenlage waren noch vorhanden, aber geringer als am Vortage.

Als Empfangsdraht diente ein Fernsprechkabel aus Stahl (Doppeldraht mit Drall), wie sie bei der Luftschifferabtheilung für den Verkehr vom Luftschiff zur Erde im Gebrauch sind. Dieses Kabel war am Korbe des Luftschiffes mit Hanfseilen befestigt; das untere Ende mit einem Pol der Apparate verbunden. Das Fesselseil, diesmal ohne die Hanfseilansätze, hatte metallische Berührung mit der Winde, deren Erdverbindung durch besondere Drahtseile verbessert wurde. Wir hofften durch diese Einrichtung die luftelektrischen Störungen abzuschwächen bezw. vom Empfangsdraht abzuhalten. Trotzdem waren dieselben in unverminderter Stärke vorhanden; man konnte die Fernsprechkabel, wenn sie frei hingen, nicht berühren, ohne die heftigsten elektrischen Schläge, aber weniger andauernd. Die Wirkung am Empfänger war dagegen wesentlich gebessert. Die einzelnen Zeichen

Digitized by Google

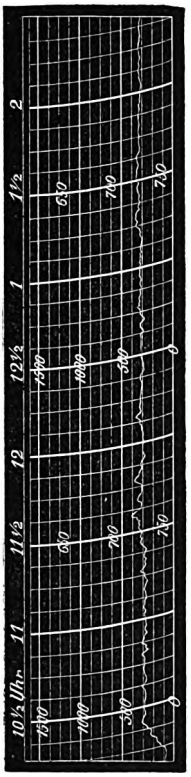


Fig. 12.

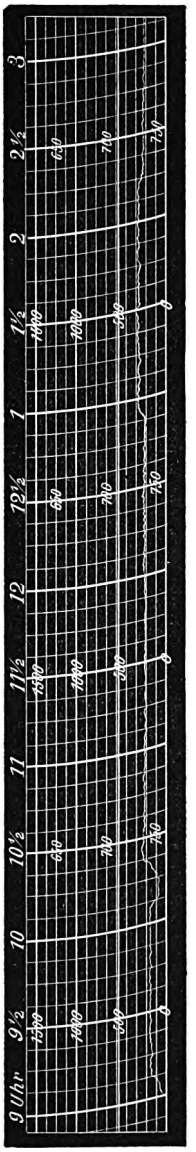


Fig. 13.

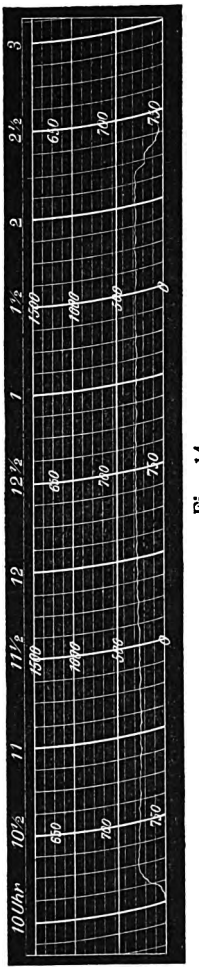


Fig. 14.

Digitized by Google

waren deutlich zu erkennen, die Morsestriche indessen noch häufig unterbrochen und abgerissen. Die luftelektrischen Störungen gaben sich in zahlreichen Punkten auf dem Morsestreifen kund. Immerhin war die durch Verminderung der Kapazität der Drähte erzielte Besserung unverkennbar.

Ein Weiterschreiten auf dem betretenen Wege führte am dritten Tage zum vollen Gelingen.

Donnerstag, den 7. Oktober.

Wetter. Weniger rauh. Himmel ganz bewölkt. Temperatur 6° C. Barometerstand 769,4. Luftfeuchtigkeit 55 %. Wind Nordwest.

Das Zerreißen der Zeichen am Vortage führte ich nach den in Potsdam gemachten Erfahrungen auf den Stahldraht des Fernsprechkabels und seinen Drall zurück. Wir ersetzten dasselbe durch umsponnenen Kupferdraht von 0,46 mm Durchmesser. Damit war auch eine weitere Verminderung der Kapazität verbunden.

Beim ersten Zeichen, welches vom Empfänger aufgenommen wurde, lag der Erfolg offen zu Tage. Dasselbe kam mit verblüffender Sorgfalt und Klarheit. Wir hatten die Störenfriede entdeckt und endgiltig beseitigt: die große Kapazität, das Eisen und den Drall.

Die senkrechte Höhe des Luftschiffes betrug nach dem Höhenmesser (Fig. 14 S. 41) 250 bis 280 m. Die Luftelektricität wirkte genau so heftig wie früher, man konnte den freihängenden Kupferdraht nicht ohne Strafe berühren. Dennoch störte sie die ankommenden Zeichen nicht mehr. Fig. 9a (Autotypie-Tafel) giebt eines der ersten Telegramme, man erkennt darin deutlich die Störungen durch Luftelektricität, es sind winzige Punkte, die nicht mehr im Stande sind, die Deutlichkeit der Morsezeichen zu beeinträchtigen.

Auf alle Betheiligten machten diese Versuche den Eindruck, daſs die Grenze der Uebertragungsmöglichkeit mit den vorhandenen Mitteln bei weitem noch nicht erreicht sei. Ich verstehe darunter diejenige, bei welcher ein regelmäßiger Depeschendienst noch möglich ist. Bedenkt man nun, daſs

Digitized by Google

die Höhe des Luftdrahtes bei Benutzung von Fessel-Luftschiffen mit Leichtigkeit auf 1000 m ausgedehnt werden kann, daſs ferner für die Verstärkung der Funken am Strahlapparat bis jetzt so gut wie nichts geschehen ist, so wird man einer weiteren Ausdehnung der Funkentelegraphie auf große Entfernungen eine günstige Zukunft nicht absprechen können.

Bisher hat man zur Erzeugung der Funken nur Induktorien benutzt, deren Schlagweite 30 cm nicht überstieg. Hier sehen Sie ein Induktorium, welches Funken bis 50 cm liefert, ich habe dasselbe bei den Versuchen nur deshalb nicht verwendet, weil es zu schwer ist. Auch wollte ich bisher nur die Grundbedingungen erforschen, was mit kleineren Mitteln ebenso gut erreichbar ist. Das Induktorium ist ein physikalischer Apparat. Die Elektrotechnik hat uns gelehrt, wie man Funkenentladungen mit maschinellen Hülfsmitteln erzeugen kann, deren Mächtigkeit die dünnen Entladungen der Induktorien vollkommen in den Schatten stellt. Da das Studium dieser Einrichtungen noch nicht völlig abgeschlossen ist, will ich heute darauf nicht näher eingehen, doch will ich Ihnen solche Funkenentladungen vorführen, die durch eine 3pferdige Wechselstrom-Maschine und einen Transformator für 25 000 Volt erzeugt sind. (Experiment.) Sie sehen deutlich, mit welch gewaltigen Kräften wir es hier zu thun haben. —

Ich bin häufig gefragt worden, in welcher Richtung und Ausdehnung eine Verwendung der Funkentelegraphie möglich sein wird. Unsere Kenntniſs der in Betracht kommenden Erscheinungen ist bis jetzt eine sehr bescheidene, wir stehen in den allerersten Anfängen, wer wollte heut schon sagen, wie weit und wohin der Weg uns führt. Ich werde mich wohl hüten, vor Ihnen Zukunftsbilder zu entrollen, doch glaube ich mit Sicherheit behaupten zu können, daſs die neue Telegraphie für gewisse Verwendungszwecke heute schon reif und beachtenswerth ist. Die wichtigsten scheinen auf militärischem Gebiet zu liegen. Belagerte Festungen, vorrückende Armeen, die den Feind zwischen sich haben, könnten sich heute schon

Digitized by Google

der Funkentelegraphie als eines Verständigungsmittels bedienen, welches gleich sicher wirkt am hellen Tage wie bei Nacht und Nebel, allerdings nur bei Benutzung von Luftschiffen, denn die durch Thürme, Masten oder hohe Bäume erreichbaren Entfernungen dürften in diesem Falle kaum ausreichen. Größere Heeresmassen sind heut in der Regel mit diesem wichtigen Beobachtungsmittel bereits ausgerüstet.

Gleich naheliegend erscheint der Nutzen für die Marine. Versuche des letzten Sommers haben die Verwendbarkeit von Fessel-Luftschiffen auf hoher See außer Frage gestellt. Es müfste doch werthvoll sein, wenn in einem Kriegsfalle die Schiffe der Nord- und Ostsee in ständiger telegraphischer Verbindung blieben.

Ebenso nahe liegt die Verwendung für Leuchtthürme und Feuerschiffe. Die Empfangsapparate lassen sich unschwer in handlicher Form, nicht umfangreicher als ein Chronometer, ausbilden. Sie würden bei Annäherung an einen Leuchtthurm nicht nur Zeichen geben, sondern auch den Namen des Leuchtthurmes aufschreiben können, es erscheint sogar ausführbar, die Empfangsapparate mit einer verstellbaren Regelung für die Empfindlichkeit zu versehen, welche die Ablesung der Entfernung des Leuchtthurmes gestattet. Doch ich fange an, Zukunftsbilder zu entrollen und Sie werden mich Lügen strafen.

Bescheidener aber nicht unwichtig sind einige Anwendungen, die man in England plant. Dort giebt es einzelne Inseln in der Nähe des Festlandes, die zum Theil Badeörter oder Vertheidigungswerke besitzen und für kurze Zeit oder in geringem Umfange eines telegraphischen Verkehrsmittels bedürfen. Die Legung eines Kabels würde zu kostspielig werden, schon mit Rücksicht auf die Zerstörungen durch Ebbe und Fluth, die einen baldigen Verschluſs des Kabels bedingen. So will Mr. Preece in nächster Zeit die Inseln Guernsey und Sark durch den Funkentelegraphen verbinden. Für durchaus möglich halte ich die Funkentelegraphie zwischen Dover und Calais. Wie die Zeitungen melden, ist die englische

Digitized by Google

Telegraphenverwaltung mit solchen Versuchen eifrig beschäftigt.

Nun komme ich zu einer Frage, die gleichfalls häufig erörtert wird. Die von einem Sendedraht ausgehenden elektrischen Wellen verbreiten sich gleichmäßig nach allen Richtungen des Raumes. Jeder Empfangsapparat wird davon getroffen und bei geeigneter Empfindlichkeit wird er ansprechen. Jedes Telegramm wird also eigentlich der ganzen Welt mitgetheilt. Das ist unbestreitbar richtig und darin liegt die schwächste Seite der Funkentelegraphie, welche ihre Anwendbarkeit auf ganz besondere Fälle beschränkt. Man hat die Mittel angegeben, wie dieser Uebelstand zu beseitigen: Die elektrischen Strahlen sollen durch Hohlspiegel nur nach einer Richtung geworfen werden oder, das ist der häufigste Vorschlag, die Empfangsdrähte sollen so abgestimmt werden, daſs sie nur auf eine bestimmte Wellenart ansprechen. Hohlspiegel mögen für kurze Entfernungen ein treffliches Mittel sein; bei nennenswerthem Abstand sind sie praktisch unmöglich, müſste man sie doch wenigstens so lang machen wie den Sendedraht selber. Am meisten Unfug wird mit der Abstimmung getrieben. Dazu wäre in erster Linie nöthig, daſs wir nur eine elektrische Strahlensorte von ganz bestimmter Wellenlänge erzeugten. Thatsächlich liefert ein Strahlapparat aber ein ganzes Gemenge von Strahlen verschiedener Wellenlänge, wir kennen sogar noch nicht einmal die ungefähre Länge der erzeugten Wellen. Die Messung dürfte mit Schwierigkeiten verbunden sein, bleibt also nur die Rechnung. Tritt nun in diese allein die Kapazität der inneren Kugeln ein oder ist die ganze Länge des Sendedrahtes, der durch den äußeren Funken mit dieser in leitender Verbindung steht, zu berücksichtigen? Daſs irgend eine Wechselbeziehung besteht zwischen der Empfindlichkeit des Fritters, den Drahtlängen und der Art der erzeugten Wellen, ist als sicher anzunehmen, doch sind wir noch weit davon entfernt, ziffernmäßig diese zu übersehen. Zudem ist der Fritter seiner ganzen Natur nach nur ein empfindliches Erkennungsmittel für alle möglichen elektrischen Wellen, nie-

Digitized by Google

mals aber ein genaues Meſsinstrument. Der forschenden Physik ergiebt sich hier eine Fülle von Aufgaben.

Für die praktische Verwendung bleibt zunächst nur das Auskunftsmittel der verabredeten Zeichen, falls man sich gegen das Mitlesen der Depeschen sichern will. Die Telegraphie im Kriege würde allerdings sofort unmöglich gemacht, wenn ein feindlicher Strahlapparat eine dauernde Störung der Zeichen bewirkte. Es gäbe einen interessanten Kampf in den Wellen des Aethers.

Trotz dieser unleugbaren Mängel wollen wir uns aber die Freude an der neuen Funkentelegraphie nicht verkümmern lassen. Wir stehen vor ganz eigenartigen Erscheinungen, die ein neues Gebiet der technischen Anwendung soeben erst erschließen. Auch hier wird der Fortschritt nicht ausbleiben. —

Ueber die thatsächlichen Leistungen der Funkentelegraphie lassen sich nach den bisherigen Versuchen nur Vermuthungen aussprechen. Nimmt man an, daſs die Uebertragungsweite im Verhältniſs zur Drahtlänge des Senders steht, so können die Versuche mit einander verglichen werden. In den bis jetzt erreichten Grenzen ist dies sicherlich zulässig.

Ort des Versuchs	Entfernung der Standorte m	Länge des Luftdrahtes m	Verhältniſs rund	Besondere Umstände
1. Bristol-Kanal . .	5 000	50	100	Meeresbusen
2. Spezia	16 300	34	500	Freie See
3. Spezia	7 000	34	200	Freie See mit zwischenliegender Insel
4. Matrosenstation-Sacrow	1 600	26	70	Bäume unmittelbar vor dem Sender
5. Matrosenstation-Pfaueninsel . . .	3 100	65	50	Durch eine bewaldete hügelige Landzunge und feste Gebäude
6. Rangsdorf-Schöneberg . . .	21 000	300	70	Freies Land

Digitized by Google

Man erkennt sofort die größere Tragweite der elektrischen Wellen in der reinen Seeluft gegenüber der stauberfüllten des Landes. Bei dem letzten Versuch war die Drahtlänge zweifellos größer, als nöthig gewesen wäre. Nach der Stärke der beobachteten Wirkung glaube ich annehmen zu dürfen, daſs eine Drahtlänge von 100 m ausgereicht hätte. Auf freier See wäre hiernach das 500fache der Drahtlänge des Senders als die zur Zeit erreichbare Entfernung anzusehen, über Land dagegen nur etwa die Hälfte. Für kurze Senderlängen und zwischenliegende Hindernisse, wie Berge und Gebäude, sinkt die erreichbare Entfernung etwa auf den 50fachen Betrag.

Die Strecke Dover-Calais (40 km) verlangt hiernach nur eine Senderlänge von 80 m, London-Paris (350 km über Land) dagegen von 1400 m.

Gelänge es, was durchaus nicht außer dem Bereich der Möglichkeit, die Funkenkraft des Strahlapparates zu verdreifachen, so scheint selbst Amerika nicht unerreichbar, denn die Entfernung von 3000 km über See würde unter den angegebenen Bedingungen Drahtlängen von 2000 m verlangen, die mit Luftschiffen nicht unmöglich sind — vorausgesetzt allerdings, daſs das Verhältniſsgesetz auch für so groſse Entfernungen gültig bleibt und die Krümmung der Erdoberfläche keinen Strich durch die Rechnung macht. —

Bei den besprochenen Versuchen waren die Pole von Sender und Empfänger stets mit Luftdraht bezw. mit Erde verbunden. Die Verbindung mit der Erde braucht keine besonders innige zu sein, ein in den Boden gesteckter Säbel, in Wasser gelegter Draht, selbst mit Isolation, falls nur am äußeren Ende der Querschnitt freiliegt, genügen. Unterläſst man die Erdverbindung aber ganz, so wird die Wirkung auf den Empfänger wesentlich geschwächt. Zwischen Matrosenstation und Sacrow konnten wir auch ohne Erdverbindung deutliche Zeichen geben, mit der Pfaueninsel glückte es nicht, die Zeichen rissen ab und wurden unvollständig. Zur Herstellung einer ausreichenden Erdverbindung genügte es auch,

Digitized by Google

wenn der mit guter Isolation versehene Erddraht lose auf den nassen Bodenplanken des Prahmes lag. —

Ich habe einige Versuche angestellt, um zu sehen, ob die senkrechte Führung des Luftdrahtes unter allen Umständen nöthig ist. Das ist nicht der Fall. Der folgende Versuch wird Sie davon überzeugen. Benutze ich als Sender den Unterbrechungsfunken dieser kleinen Hausklingel, so spricht die Frittröhre an, wenn ich in unmittelbarer Nähe derselben die Funken erzeuge. Ein Meter ist aber die äußerste Entfernung, auf welche ich gehen darf. Verbinde ich nun die Pole des Fritters einerseits, die Funkenstrecke der Klingel andererseits mit frei ausgespannten, am anderen Ende isolierten wagerechten Drähten von etwa 5 m Länge, so kann ich vom äußersten Ende dieses Saales den Empfänger mit Sicherheit in Thätigkeit setzen. Wir befinden uns nun hier nicht in unmittelbarer Nähe des Erdbodens. Wiederholt man den Versuch im Freien, so bemerkt man, dafs die Uebertragungsweite abnimmt, sobald man sich mit den wagerechten Drähten dem Erdboden nähert. Beträgt der Abstand aber über 2 m, so kann man auf erhebliche Entfernungen gehen. Als wir bei den anfänglichen Versuchen mit der Pfaueninsel durch luftelektrische Erscheinungen empfindlich gestört wurden, benutzte ich 4 solcher Horizontaldrähte von 0,46 mm Durchmesser von je 100 m Länge, welche etwa 2 m vom Erdboden bezw. von der Wasseroberfläche freihängend an Isolatoren befestigt waren. Wir konnten damit auf 3 km klare Zeichen senden, obwohl zahlreiche Hindernisse, wie Bäume und die mehrerwähnte Landzunge dazwischen lagen. Es ergiebt sich daraus die Möglichkeit der Ueberwindung großer Entfernungen auch ohne die kostspielige Mitwirkung von Luftschiffen. Man müfste allerdings die wagerechten Drähte so hochlegen, dafs sie sich sozusagen in ihrer ganzen Ausdehnung sehen können. Zwei gegenüberliegende Küsten könnten auf diese Art wohl am einfachsten telegraphisch verbunden werden, wenn dem Ausspannen kilometerlanger Leitungen an hohen Masten keine Hindernisse im Wege stehen.

Digitized by Google

Größere Versuche in dieser Richtung kann natürlich nur die Telegraphenverwaltung anstellen. Ich will nur noch bemerken, daſs auf festem Lande Kirchthürme und hohe Schornsteine, wenn sie geeignet gelegen sind, bequeme Befestigungspunkte bieten würden.

Eine thunlichst parallele Lage der Drähte ist aber erforderlich. Ein einfacher Versuch wird dies zeigen. Ich verbinde mit den Polen des Empfängers und der Klingelfunkenstrecke steife Kupferdrähte von etwa $^1/_2$ m Länge. Ich stelle mich nun mit der Klingel so vor den Empfänger, daſs die Drähte parallel liegen, derselbe spricht in dieser Entfernung sicher an. Drehe ich mich aber, sodaſs die parallele Lage der Drähte aufhört, so versagt der Empfänger schon bei einem Winkel von etwa 30°. (Versuch.)

Nach all diesen Beobachtungen neige ich zu der Ansicht, daſs das Wesentliche die Länge der Drähte ist und nicht ihre Höhe. Die letztere braucht nur so groß zu sein, daſs zwischenliegende Hindernisse in angemessener Entfernung darunter bleiben. Diese Anordnung hätte den nicht zu unterschätzenden Vortheil, daſs luftelektrische Störungen sicher ausgeschlossen werden können, denn in gleicher Höhe vom Erdboden ist das elektrische Potential der Luft das gleiche, so daſs Entladungen der beiden Drähte durch den Fritter hindurch vermieden werden. Die Aufstellung des Empfängers müſste allerdings isolirt vom Erdboden erfolgen. —

Bei meinen Versuchen habe ich auch eine Beobachtung gemacht, die mancherlei Aussichten eröffnet. Sie bezieht sich auf die Rolle eines in Richtung der fortschreitenden Wellenbewegung des Aethers sich befindenden Drahtes. Als wir im vorigen Winter auf den langen Gängen der Technischen Hochschule mit unseren damals noch unvollkommenen Einrichtungen Versuche anstellten, fiel uns eines Tages auf, daſs wir wesentlich weitere Entfernungen erzielen konnten als sonst, obwohl unsere Apparate unverändert waren und in gleicher Weise arbeiteten. Wir entdeckten die Ursache. Es war ein etwa 10 m langes Stück dünnen Drahtes, das von

Digitized by Google

früheren Versuchen auf dem Fußboden ziemlich geradlinig in Richtung unserer Uebertragung liegen geblieben war. Als wir ihn aufhoben, war die Wirkung unserer Apparate wieder wesentlich verschlechtert. Weitere Versuche führten zu der Erkenntniſs, daſs die elektrischen Wellen an Drähten entlang mit viel größerer Leichtigkeit wandern als durch die Luft, ja daſs sie die Drähte gleichsam aufsuchen und auf ihrem Wege bevorzugen, wenn sie sich in Richtung der Fortpflanzung der Strahlen erstrecken. Auf der Matrosenstation spannten wir 160 m gut isolirten Drahtes aus, etwa 1 m vom Erdboden. Winzige Klingelfunken, die in der Nähe des einen Endes erzeugt wurden, wirkten auf den Empfänger, der in der Nähe des anderen Endes des Drahtes aufgestellt war. Es war wie eine Sprachrohrwirkung. Ich wiederholte den Versuch mit dem 10mal längeren Fernsprechdraht, der zur Verbindung der Standorte in die Havel gesenkt war. Ich erzielte nicht die geringste Wirkung, selbst dann nicht, als ich den Draht selber einerseits mit dem Pol des Empfängers, andererseits mit der Kugel des Strahlapparates metallisch verband und die stärksten Entladungsfunken hineinsandte. Es war lediglich die Wirkung der nahen Erde, welche durch die Isolation des Drahtes hindurch die Strahlen ablenkte. Erst in einer gewissen, allerdings nicht großen Entfernung von der Erde wird die Fortpflanzung durch den Draht möglich.

Man könnte hierauf vielleicht eine neue Art von Telegraphie mit nur einem Draht und ohne Erdverbindung gründen. Verbände man die Enden des Drahtes mit je einem Pol des Senders und Empfängers, so würde ein winziger Funke seine Wirkungen sicherlich meilenweit tragen. Festzustellen bliebe allerdings, ob die übliche Isolirung der Stützpunkte das Uebertreten der Wellen in die Erde ebenso wirksam verhüten könnte, wie den Uebergang der Gleichströme bei der gewöhnlichen Telegraphirmethode.

Eine andere Ueberlegung führt zu merkwürdigen Folgerungen. Die Wirkungen des Gleichstroms pflanzen sich bekanntlich nur in Leitern fort, jede Isolation hemmt ihren Lauf. In

Digitized by Google

welch erstaunlichem Maße dies geschieht, haben wir ja an den Frittröhren gesehen, die trotz ihrer metallischen Füllung durch die winzigen Luftstrecken zwischen den lose aneinander liegenden Körnern die Ausbildung und Fortpflanzung eines Gleichstromes vollkommen verhindern. Gerade entgegengesetzt ist das Verhalten der elektrischen Wellen, die von einer Funkenstrecke mit schnell wechselnden Entladungen ausgehen. Sie dringen mit Leichtigkeit gerade durch die besten Isolatoren, wie die Luft, doch werden sie von Metallen gehemmt; sie werden von diesen zurückgeworfen wie das Licht von einer spiegelnden Fläche. Die an einem Draht entlang laufenden Wellen dringen darum auch nicht in das Innere, ihre Straße ist der freie Aetherraum rings herum.

Nun theilt jeder Draht den Raum in zwei Theile, einen Außen- und einen Innenraum, man könnte sie folgerichtig als Außen- und Innenröhre bezeichnen. Füllen die Wirkungen des Gleichstroms nun die innere Röhre, so bleibt die äußere frei für den ungehinderten Fortgang elektrischer Wellen. Es muſs also möglich sein, auf einem einzigen Draht zwei Telegramme zu befördern, das eine mit Gleichstrom, das andere mit Funkenstrom, wenn diese Ausdrucksweise gestattet ist.

Ein Versuch wird uns von der Richtigkeit dieser Folgerungen überzeugen. Längs jenen drei Wänden dieses Saales ist ein dünner isolirter Kupferdraht von 0,4 mm Durchmesser ausgespannt und an Porzellanisolatoren befestigt. Die Gesammtlänge beträgt etwa 60 m. Hier an der vorderen Längsseite des Saales befinden sich die freien Enden des Drahtes etwa 20 m von einander entfernt. Zur Ausführung der gewöhnlichen Stromtelegraphie dient auf der einen Seite eine kleine Akkumulatorenbatterie, deren einer Pol mit Hülfe eines Tasters an die Leitung gelegt werden kann, während der andere Pol durch Verbindung mit der Wasserleitung im Nebenzimmer geerdet ist. Auf der anderen Seite ist ein Morseschreiber eingeschaltet und die Leitung gleichfalls an Erde gelegt. Sie bemerken, wie ich durch längeres oder

Digitized by Google

kürzeres Niederdrücken des Tasters den Morseschreiber in Thätigkeit setzen kann.

In unmittelbarer Nähe des Drahtendes befindet sich ferner auf der einen Seite eine kleine elektrische Hausklingel, durch zwei Trockenelemente bethätigt. Den winzigen Unterbrechungsfunken derselben wollen wir als Sender elektrischer Wellen benutzen. Auf der anderen Seite ist unser Marconi-Apparat dicht an den Draht gerückt. Sobald ich einen Funken erzeuge, hören Sie das Geräusch des Klopfers und das Ticken eines angeschlossenen zweiten Morseschreibers. Wir wollen nun zu gleicher Zeit zwei Telegramme senden, und zwar das Wort „Strom“ mit dem Taster, das Wort „Funke“ mit der Klingel. (Versuch.) Sie sehen, beide Telegramme sind ganz deutlich angekommen, ohne sich zu stören.

Eine kleine Vorsicht ist allerdings zu beobachten. Der Unterbrechungsfunke am Taster der Stromtelegraphie würde auf den Marconi-Apparat wirken; ich habe ihn durch einen Nebenschluſs von 2000 Ohm unwirksam gemacht.

Ehe dieser Versuch indeſs eine praktische Bedeutung gewinnen kann, müſste eine Erprobung auf längeren Linien erfolgen. —

Möge dieses Beispiel aber zeigen, daſs die Anwendung elektrischer Strahlen mit Marconi's Erfindung nicht erschöpft ist. Die Natur hat uns ein neues Thor geöffnet, Aufgabe der Wissenschaft ist es zunächst, den erschlossenen Raum zu erhellen.

Eine fesselnde Gedankenverbindung drängt sich uns auf. Wir stehen am Ende eines Jahrhunderts, dessen Beginn uns die Entdeckung des elektrischen Stromes brachte. Länger als 50 Jahre kannten wir nur eine nützliche Verwendung desselben: die Telegraphie. Wer hätte am Anfange des Jahrhunderts seine volle Bedeutung geahnt? Aus dem leichtfüßigen Vermittler der Gedanken wurde der Spender des blendendsten Lichtes, der Lasten tragende Herkules des Verkehrs und der Industrie.

Digitized by Google

Das Meer der elektrischen Wellen erschliefst sich erst jetzt. Wiederum ist es zunächst nur ein leichtes Schiff, das wir getragen sehen. Mehr als ein berückender Traum will es uns aber scheinen, dafs dereinst auch schwerere Fahrzeuge auf seinen Wogen dahinziehen. Trägt doch die Wasserwelle nicht nur die leichteste Feder, sondern mit mit gleicher Willigkeit das belastete Eisenschiff von Ufer zu Ufer; sendet die Sonne doch schon seit Jahrtausenden mit den Wellen des Aethers ungezählte Millionen von Pferdestärken auf die erstarrende kraftarme Erde!

Digitized by Google

Beschreibung der Empfangsapparate.

Marconi hat seine Erfindung mit musterhafter Deutlichkeit in seiner englischen Patentschrift, welche Anfang August d. J. im Druck erschien, beschrieben. Dieselbe ist in allen Fachzeitschriften*) abgedruckt und in den weitesten Kreisen bekannt geworden.

Als ich im Mai den Bau meiner Apparate in Angriff nahm, konnte ich mich auf so eingehende Mittheilungen nicht stützen, sondern nur benutzen, was ich aus den mündlichen Unterhaltungen mit Marconi und meinen liebenswürdigen englischen Gastfreunden in Erfahrung gebracht bezw. mit eigenen Augen beobachtet hatte. Das letztere ist bei einem immerhin verwickelten Apparat mit seinen zum Theil verdeckt liegenden Verbindungen nicht allzuviel. Hierin ist der Grund zu suchen, dafs meine Bauart in einigen Punkten von derjenigen Marconi's abweicht. Einige dieser Abänderungen haben sich bei späterer Vergleichung mit Marconi's Einrichtungen, wenn nicht als Verbesserungen, so doch als Vereinfachungen erwiesen, so dafs ihre Veröffentlichung vielleicht nicht ohne Nutzen ist. Da dies im Zusammenhange geschehen mufs, werden allerdings einige Wiederholungen des bereits Gesagten unvermeidlich sein.

I. Der Stromkreis des Fritters.

In demselben ist, wie Fig. 8 zeigt, ein Trockenelement, ein Relais bezw. ein dazu umgearbeitetes Galvanometer und

*) Vergl. u. a. Elektrotechn. Zeitschrift 1897 S. 506.

Digitized by Google

der wichtigste Theil des ganzen Empfängers, der Fritter, hintereinander geschaltet. Als Trockenelement dient ein solches von Hellesen*), dessen elektromotorische Kraft je nach seiner Benutzungsdauer 1,5—1,2 Volt beträgt. Die Versuche zeigten, daſs innerhalb dieser Grenzen der Apparat noch gut arbeitet. Benutzt man eine geringere elektromotorische Kraft, so macht man das Relais unnöthig unempfindlich, wählt man sie aber größer, so treten besonders beim Telegraphiren auf weitere Entfernungen mit hochgeführtem Luftdraht leicht Störungen durch Luftelektricität ein. Marconi versieht die Windungen des Relais mit einem Nebenschluſs. Ich habe denselben fortgelassen, da einerseits die gefürchtete Induktionswirkung auf den Fritter durch Stromschwankungen in der Relaiswickelung nicht nachweisbar war, andererseits aber durch den Nebenschluſs der Apparat unempfindlicher wird, weil nur ein Zweigstrom durch das Relais fließen kann.

Die zuletzt benutzten Frittröhren wurden nach den Vorschriften Marconi's**) gefertigt, während die früheren bedeutend größer waren, mit einem breiten Spalt von etwa 3—4 mm, und viel mehr Metallpulver enthielten. Die früheren Frittröhren waren zwar bedeutend empfindlicher als die jetzigen, ließen aber bei Versuchen auf größere Entfernungen in Bezug auf Genauigkeit und Schnelligkeit der Unterbrechung mancherlei zu wünschen übrig, auch wurden sie leichter durch Luftelektricität beeinfluſst. Endlich unterbrachen sie den Strom nicht immer bis auf Null.

Wenn auch die Beobachtung richtig ist, daſs Silberzusatz die Empfindlichkeit steigert, so kann man trotzdem sagen, daſs das Material des Metallpulvers von keinem wesentlichen Einfluſs ist und daſs eine große Empfindlichkeit auch ohne Silberpulver, z. B. mit reinem Nickel zu erreichen ist, wenn man die Körner nur sorgfältig aussucht.

Mit gleichem Erfolge wie Nickel, was als „Walznickel“ sich besser als „Hartnickel“ zu eignen scheint, wurden auch

*) Von Siemens & Halske. Type V.

**) Vergl. Elektrotechn. Zeitschrift 1897 p. 506.

Digitized by Google

andere Metalle, z. B. Antimon verwendet, das sich wegen seiner großen Sprödigkeit leicht durch Zerschlagen in kleine Splitter mit scharfen Kanten zerlegen läfst. Auch Legirungen wurden herangezogen, z. B. eine Nickelmünze und eine Legirung von Eisen und Nickel, die sich durch ihre ganz besonders große Härte auszeichnet.

Das angewandte Metallpulver darf nicht zu fein sein, weil sonst die Unterbrechung darunter leidet, andererseits auch nicht allzu grob, da der Spalt eng sein muſs und dann leicht ein Metallkorn dazwischengekeilt fest sitzen bleibt, welches den Stromkreis dauernd schließt.

Die Empfindlichkeit eines Fritters läfst sich in folgender Weise prüfen: An den zwei Klemmen, welche mit der Frittröhre verbunden sind und an welche die Erdleitung bezw. der in die Luft geführte Draht zum Zwecke der Telegraphie gelegt wird, befestigt man je einen Kupferdraht von etwa 60 cm Länge als Flügel. Als Funkengeber benutzt man eine gewöhnliche elektrische Klingel, deren Unterbrechungsfunke als Geber dient. Die Klingel besitzt 2 Spulen mit 4 Ohm Widerstand und wird von 2 Trockenelementen (3 Volt) gespeist; ein kleiner Tastunterbrecher gestattet leicht Schließung und Oeffnung des Stromes. Apparat und Elemente sind fest verbunden und werden zusammen in der Hand gehalten. Löst der Klingelfunken den Apparat auf eine Entfernung von 1 bis 2 m sicher aus, so ist die Empfindlichkeit des Fritters auch für weite Entfernung ausreichend. Die Empfindlichkeit ändert sich allerdings manchmal innerhalb weniger Augenblicke, es kommt der Fritter bisweilen in eine unempfindlichere Lage, indessen kann man doch aus mehreren Beobachtungen eine mittlere Entfernung erkennen.

Für die Anfertigung der Frittröhren sei noch erwähnt, daſs es sich zur Erzielung einer guten Unterbrechung durch den Klopfer als vortheilhaft erwies, das Glas ziemlich dünn zu wählen. Das Auspumpen derselben scheint von keinem direkten Einfluſs zu sein, ist aber doch wohl zu empfehlen, weil bei Abwesenheit von Feuchtigkeit und Sauerstoff im

Digitized by Google

Glasrohr eine Veränderung und Oxydirung des Pulvers und der Elektroden besser verhindert wird.

Die beiden im Glase eingeschmolzenen Platindrähte werden durch die Klemmen K (Fig. 16) mit je 2 Drähten verbunden, welche zu den Anschlufsklemmen K_1 für Erd- bezw. Luftleitung und K_2 für den Stromkreis des Relais führen.

Marconi schaltet in die Drähte KK_2 kleine Spulen mit Selbstinduktion ein, um die erregenden Wellen zu zwingen, von KK aus durch die Frittröhre zu wandern und nicht in den Relaisstromkreis einzutreten.

Ich halte diese Spulen für überflüssig, da mir Versuche gezeigt haben, dafs die Wellen auch durch einen sehr großen Widerstand mit hoher Selbstinduktion gehen. Als solcher diente die Feindrahtspule eines sehr großen Induktoriums, die einen Widerstand von 48000 Ohm hatte und aus 85700 Windungen bestand. Die wenigen Drahtwindungen, welche Marconi anwendet, können hiernach keinen Einfluſs ausüben; sie schwächen nur den Relaisstrom. Aus diesem Grunde habe ich sie fortgelassen und nicht den geringsten Nachtheil verspürt.

II. Der Starkstromkreis.

Wie Fig. 15 zeigt, ist darin eine Batterie B, der Klopfer K mit einem Widerstand W_1 und das Relais R hintereinander geschaltet. Letzteres hat parallel zu seiner

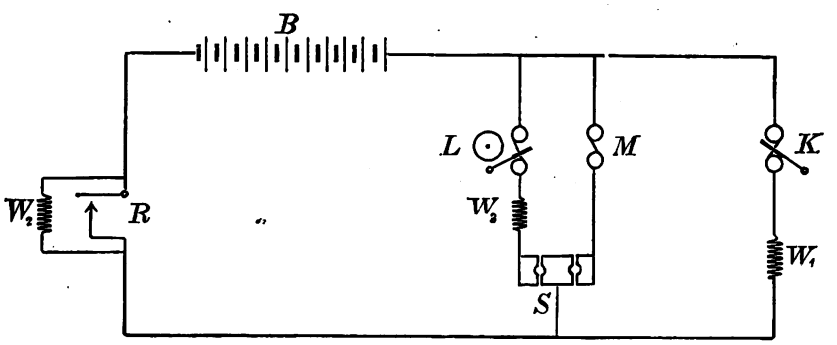
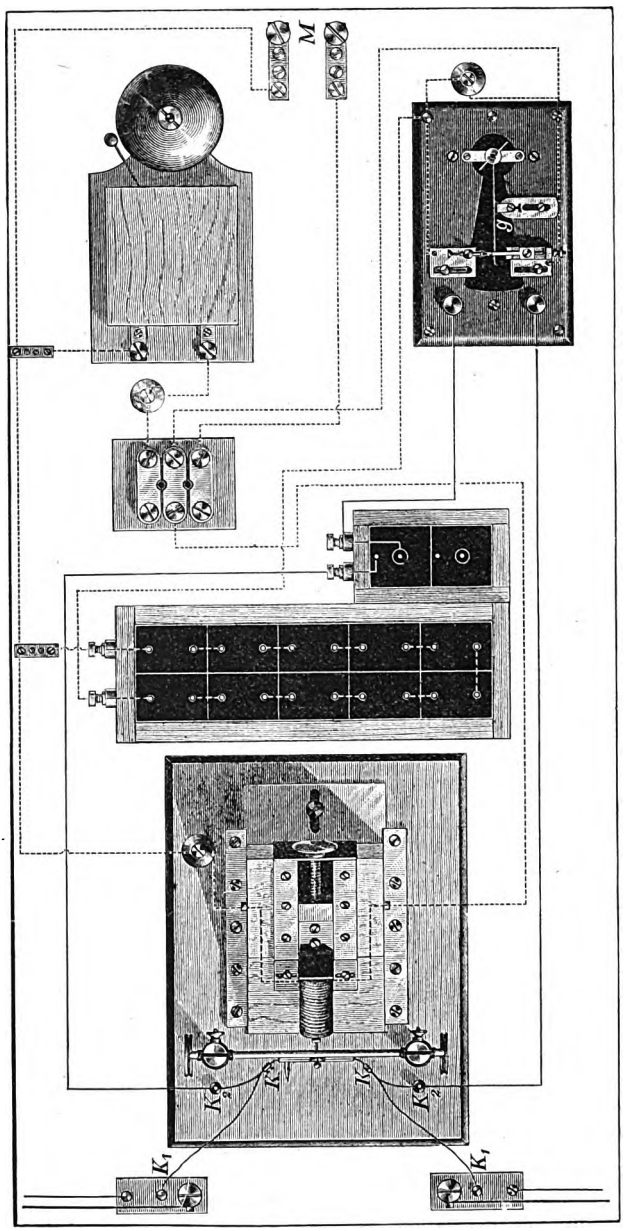


Fig. 15.

Digitized by Google

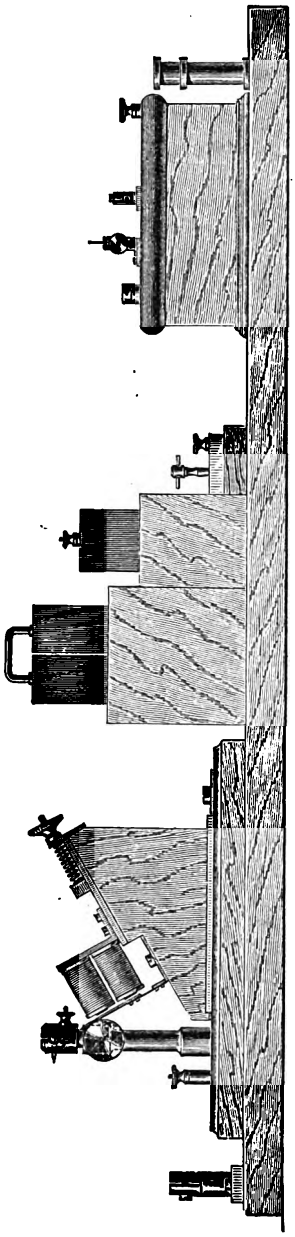


Maßstab 1:5.

Fig. 16.

Digitized by Google

Funkenstrecke einen Nebenschluſs mit dem Widerstand W_2. Durch eine einfache Stöpselschaltvorrichtung S kann parallel zum Klopfer entweder ein Läutewerk L mit einem Vorschaltwiderstand W_3 oder aber ein Morse-Farbschreiber M geschaltet werden. Wird nun durch das Ansprechen der Frittröhre der erste Stromkreis geschlossen und dadurch das Relais in Wirksamkeit gesetzt, so hat der nunmehr eingeschaltete Klopfer die Aufgabe, die Frittröhre wieder auszulösen. Um dies völlig zu erreichen, muſs der Schlag des Klopfers ganz besondere Eigenschaften besitzen. Man kann sich leicht davon überzeugen, daſs die Auslösung am besten und zwar durch schwache Kräfte schon erfolgt, wenn man mit der Hand einen sanften Schlag gegen die Röhre führt und sie dabei kurze Zeit noch darauf liegen läſst. Um einen ähnlichen Schlag mit dem Klopfer zu erhalten, macht man nicht nur die kleine anschlagende Kugel aus Elfenbein, das sehr elastisch ist, sondern richtet auch die ganze Befestigung des Fritters elastisch ein; die kurzen Frittröhren werden mittelst Marineleim an ein etwa 20 cm langes Glasrohr gekittet und dieses an den Enden mit Gummischlauch umhüllt. (Fig. 16 u. 17.) Zwei Klemmen, an Messingsäulen verstellbar, umfassen diesen und bewirken eine schwach elastische Befestigung. Durch Lösen zweier Schrauben ist die Frittröhre leicht auszuwechseln.



Maſsstab 1:5.
Fig. 17.

Digitized by Google

Der Klopfer selbst muſs so angeordnet sein, daſs der Schlag der Kugel schräg von unten erfolgt und zwar genau dort an der Glaswand, wo der Spalt ist. Er muſs ferner eine Regelung für die Kraft des Schlages und für die Weite der Klöppelschwingung besitzen. Um diese Bedingungen zu erfüllen, ist der Klopfer folgendermaßen eingerichtet:

Auf einem keilförmigen Holzblock, der auf einem Schlitten wagerecht verschiebbar ist, befinden sich wie bei einer elektrischen Klingel 2 Spulen mit Eisenkern, welche ihrerseits wieder auf der schiefen Ebene mittelst einer feinen Schraube verstellbar sind. Davor befindet sich, fest auf dem Holz, an einer Stahlfeder der eiserne Anker mit dem Klöppel. Durch eine Druckschraube ist, wie bei den gewöhnlichen Klingeln, Feder und Eisen in genau parallele Lage zu den Spulen zu bringen.

Die Erfahrung hat gezeigt, daſs es vortheilhaft ist, kleine kurze Spulen zu benutzen, so daſs Stahlfeder und Klöppel verhältniſsmäßig kurz ausfallen. Die Feder muſs stark sein, damit der Schlag kräftig genug wird und der Klöppel keine großen Eigenschwingungen ausführt. Es empfiehlt sich ferner, die Spulenwickelung so einzurichten, daſs Widerstand und Windungszahl und somit auch die Selbstinduktion, die leicht Störungen hervorruft, gering, der Strom aber stark wird. Der Widerstand der benutzten Spulen beträgt 4 Ohm. Beim Einstellen des Klopfers wird der Anker thunlichst nahe an die Spulen gebracht, damit ein kräftiger Magnetismus erregt wird. Die Entfernung der Klöppelkugel von der Frittröhre beträgt etwa 2 mm; ist sie kleiner, so genügt der Schlag nicht zum Auslösen und ist sie größer, so kommt es vor, daſs der Klöppel an der Frittröhre kleben bleibt, ohne sie auszulösen.

Das Relais muſs zwei Anforderungen genügen: es muſs hohe Empfindlichkeit besitzen und in guter Zusammenwirkung mit dem Klopfer den Strom kurz und bestimmt unterbrechen. Bei den ersten Versuchen wurde das neue polarisirte Relais der deutschen Telegraphenverwaltung aus der Werkstatt von

Digitized by Google

Gurlt, später auch das von Marconi benutzte englische Standard-Relais des Post office von der Firma Siemens Brothers & Co. verwendet.

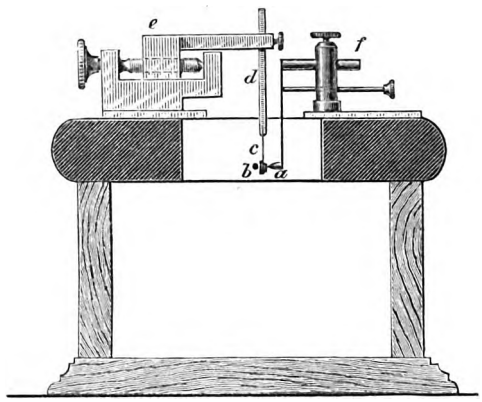
Wie aus einem Bericht der deutschen Telegraphenverwaltung*) über die Vergleichung verschiedener Relais zu ersehen ist, spricht das deutsche Relais noch auf einen Strom von 0,90 Milliampère, das englische dagegen erst bei 2,15 Milliampère an. Dementsprechend erwies sich auch für diese Versuche das erstere als viel empfindlicher. Es sei hier erwähnt, dafs das letztere für die zuerst benutzten Frittröhren wegen seiner Unempfindlichkeit fast gar nicht zu gebrauchen war. Das deutsche Relais, das dann Verwendung fand, zeigte allerdings auch einen recht großen Übelstand, nämlich den, dafs es bei sehr empfindlicher Einstellung schon durch geringfügige Erschütterungen eingeschaltet wurde.

Ich suchte daher nach einem Ersatz, um einerseits noch größere Empfindlichkeit, andererseits ein von Erschütterungen unabhängiges Relais zu erhalten. Dieses Ziel wurde in sehr befriedigender Weise durch ein zu einem Relais umgearbeitetes Galvanometer erreicht. (Fig. 17 und 18.) Als solches eignete sich vorzüglich ein Weston-Instrument, das für Nullmethoden gebaut bei einem Widerstande von 275 Ohm noch auf einen Strom von 10^{-6} Ampère anspricht. Gleichzeitig besitzt es bekanntlich wegen seiner Bauart den Vorzug, von magnetischen Störungen frei zu sein. Es entstand nun die Frage, wie durch den Ausschlag des sehr dünnen Aluminiumzeigers der Starkstrom einzuschalten war. Den Zeiger selbst als Stromzuführer zu benutzen und an einen Berührungspunkt anschlagen zu lassen, empfahl sich nicht; denn es mufs entschieden vermieden werden, die feinen Theile des Galvanometers mit stärkerem Strom zu beanspruchen, außerdem müssen beide Stromkreise von einander völlig isolirt sein. Es wurde

*) Mittheilungen aus dem Telegrapheningenieurbureau des Reichspostamtes I. Juni 1889—März 1892 p. 102.

Digitized by Google

daher zwischen Berührungspunkt *a* (Fig. 18) und Zeiger *b* eine Feder *c* gebracht, durch die der Strom zugeleitet wird. Erfolgt nun ein Ausschlag des Zeigers, so wird dadurch die



Mafsstab 1:2.

Fig. 18.

Feder, welche an ihrem unteren Ende ein angelöthetes sehr kleines Platinblech trägt, an den festen Berührungspunkt *a* gedrückt und so der Strom geschlossen. An der Stelle aber, wo der Zeiger die Feder bezw. das Platinblech berührt, ist sie mit Siegellack bestrichen, um durch den Zeiger keinen Schlufs der beiden Stromkreise zu bewirken, da sonst ein gutes Arbeiten des Apparates unmöglich wird. Als Feder dient zur Erreichung hoher Empfindlichkeit eine feine Uhrfeder, die an einem kleinen in einem Rohr mit einer Schraube verstellbaren Messingcylinder *d* festgelöthet ist. Dadurch wird eine Verstellbarkeit in der Höhe sowie eine leichte Auswechselung der Feder erreicht. Von Federn mufs immer eine gewisse Auswahl von feineren und stärkeren, kürzeren und längeren bereit stehen, um für jede Frittröhre, ihrer Eigenart entsprechend, die günstigsten Bedingungen zu treffen. Es ist aber auch eine Regelungsvorrichtung *e* vorgesehen, um eine Verstellbarkeit der Feder mittelst einer feinen Schraube im Sinne der Theilung zu ermöglichen, wie auch den festen

Digitized by Google

Berührungspunkt der Feder nähern oder von ihr entfernen zu können (*f*). Ferner ist noch zur Vermeidung von Eigenschwingungen des Zeigers ein verschiebbarer Anschlag, mit Gummi überzogen, angebracht (*g* Fig. 16).

Die Empfindlichkeit dieses neuen „Galvanometerrelais" ist außerordentlich groß. Daſs aber trotzdem bei dieser Anordnung Erschütterungen unschädlich gemacht sind, folgt daraus, daſs die Feder fast ohne Einfluſs auf die Empfindlichkeit noch etwa 1 mm vom festen Berührungspunkt in ihrer Ruhelage getrennt sein kann, während bei mittlerer empfindlicher Einstellung des deutschen und englischen Relais der Zwischenraum zwischen Zunge und Berührungspunkt nur etwa Papierstärke besitzen darf. Man kann also annehmen, daſs unter diesen Umständen ein Stromschluſs z. B. durch Erschütterung oder Schwanken eines Schiffes, auf dem sich der Apparat befindet, völlig ausgeschlossen ist.

Ferner bietet diese neue Einrichtung auch noch den Vortheil, daſs wegen der verhältniſsmäßigen Kürze der Feder diese als Unterbrecher schneller wirkt, als die lange schwingende Zunge des Relais, besonders des deutschen. Endlich gestattet das neue Relais eine Vereinfachung, die mir wesentlich erscheint. Der schwingende Anker des Marconischen Klopfers ist genau so eingerichtet wie der Klöppel einer elektrischen Klingel. Bei jedem Schlag erfolgt eine Stromunterbrechung durch eine kleine Gegenfeder am Anker. Der dabei auftretende Funke ist wegen der unmittelbaren Nähe der Frittröhre verhängniſsvoll; Marconi hat deshalb versucht, ihn unschädlich zu machen durch Anordnung eines Nebenschlusses zu dieser Funkenstrecke. Eine völlige Verhinderung des Funkens ist dadurch aber nicht möglich. Dazu kommt, daſs bei Marconi's Anordnung immer zwei schwingende Unterbrecher zugleich thätig sind, am Relais und am Klopfer; wenn die Federn nicht völlig gleiche Schwingungszeiten besitzen, so ergeben sich daraus empfindliche Störungen. Bei der von mir benutzten Einrichtung ist es nun möglich, die Unterbrechung am Klopfer völlig zu be-

Digitized by Google

seitigen. Derselbe wird lediglich durch die Stromstöße, welche die Relaiszunge durch ihre Unterbrechungen herbeiführt, bethätigt. Damit fällt auch die oft schwierige Einregelung auf gleiche Schwingungsdauer durch Federspannung fort.

Es wurde vor Konstruktion des neuen Relais, um obige Schwierigkeiten zu umgehen, auch versucht, ganz unabhängig von beiden Stromkreisen einen Klopfer beständig auf die Frittröhre wirken zu lassen. Indessen gelang das Arbeiten damit nicht, da die Frittröhre durch das Klopfen nicht nur ausgelöst wurde, wenn sie angesprochen hatte, sondern auch zum Ansprechen veranlafst wurde, wenn sie im ausgelösten Zustande geklopft wurde.

Eine Erscheinung, die noch genauer zu erforschen wäre, trägt vielleicht dazu bei, das Auslösen in einfachster Weise ohne äußere Mittel zu erreichen. Es sprach nämlich bisweilen eine Frittröhre auf einen Erreger an, ohne dafs der Klopfer zur Wirkung kam; dennoch sprach sie gleich darauf von neuem an. Die Frittröhre hatte sich also von selbst ausgelöst.

Bei Verwendung von Frittröhren, die den Strom nicht völlig auf Null unterbrechen, sondern mit einem gewissen Anfangsstrom arbeiten und beim Ansprechen diesen nur verstärken, verlangt das Relais eine besondere Einrichtung. Der Zeiger ist stets abgelenkt und man mufs, um ihn auf die Nullstellung, in welcher die Empfindlichlichkeit am größten ist, zurückzubringen, eine stärkere Feder benutzen. Unter Umständen können also hochempfindliche Frittröhren, die nicht auf Null auslösen, durch stärkere Federn brauchbar gemacht werden. Dies gelang bei einer Frittröhre, die, mit Klingel und Flügel geprüft, noch auf 5 m ansprach.

Während das Galvanometerrelais für jede Empfindlichkeit eine bestimmte Feder verlangt, ist die Einstellung beim deutschen Relais wesentlich einfacher; man hat nur die Polschuhe zu drehen.

Digitized by Google

Die zum Anrufen dienende Klingel, welche durch die Stöpselvorrichtung einzuschalten ist, besitzt eine Wickelung von 90 Ohm Widerstand und wird bald mit, bald ohne eigenen Stromunterbrecher benutzt. Im letzteren Falle läutet sie besser, arbeitet aber, wenn sie zur Demonstration von Morsezeichen benutzt wird, nicht ganz so genau. Da sie indessen nur selten gebraucht wird, so ist das unwichtig.

Nachdem der Anruf beim Empfänger durch das Läutewerk erfolgt ist, stöpselt man um, die Klingel aus und den Morse-Farbschreiber ein. Die Wickelungen desselben haben einen Widerstand von ca. 600 Ohm. Damit er in dieser Schaltung noch schreibt, mufs die Batterie 20 Volt besitzen und der Parallelzweig des Läutewerks einen Vorschaltewiderstand erhalten. Trotzdem zeigt sich beim Einreguliren des Morse immer nur ein sehr kleines Grenzgebiet, in dem er tadellos schreibt, einerseits klebt er leicht und giebt dauernd einen Strich, oder die Striche werden zu Punktreihen abgerissen, die eigentlichen Punkte bleiben bisweilen aus. Jede Frittröhre verlangt ihre eigene Einstellung des Morseschreibers.

Das Gleiche gilt auch vom Relais und Klopfer. Dabei ist zu beachten, dafs die Einstellung eines Empfängers keineswegs die gleiche ist für Versuche mit dem Klingelfunken im Laboratorium oder für große Entfernungen im Freien. Manche Frittröhren, die bei der Prüfung im Laboratorium nur schlecht arbeiteten, gaben auf große Entfernungen tadellose Zeichen, und auch umgekehrt. Man gewinnt den Eindruck, als wirkten im letzteren Falle andere Kräfte. Im allgemeinen konnten wir die merkwürdige Wahrnehmung machen, dafs bei größeren Entfernungen die Zeichengebung mit der Zeit allmählich besser wurde, gleichsam als gewöhnte sich die Frittröhre erst an die besondere Art der ankommenden Wellen.

Die richtige Stromvertheilung in dem Starkstromkreise macht einige Vorschaltewiderstände nöthig, die durch besondere Bauart der Apparate in Bezug auf ihre Widerstände hätten vermieden werden können. Es steht nämlich das Wickelungsverhältnifs der Spulen des Morse in schlechtem

Digitized by Google

Verhältnifs zu dem des Klopfers. Hat sich bei letzterem geringer Widerstand und stärkerer Strom als vortheilhaft herausgestellt, so ist der gebräuchliche Farbschreiber gerade für schwachen Strom und viele Windungen eingerichtet. Es ist daher zu empfehlen, auch diesen anders zu wickeln und die Stromverhältnisse ohne Vorschaltewiderstände zu regeln.

Bei dem von mir benutzten Empfänger sind folgende Widerstände vorgesehen:

1. Galvanometer: 275 Ohm,
2. Nebenschlufs zur Relaisfunkenstrecke: 200 Ohm,
3. Klopfer: 4 Ohm,
4. Klopfer-Vorschaltewiderstand: 20 Ohm,
5. Klingel: 90 Ohm,
6. Klingel-Vorschaltewiderstand: 20 Ohm,
7. Morse: 600 Ohm.

Die Widerstände 2., 4. und 6. sind natürlich bifilar gewickelt.

Je größer der Nebenschlufswiderstand am Relais ist, desto besser wirken die anderen Apparate, je kleiner derselbe, desto wirkungsvoller wird die Störung durch den Funken aufgehoben. Ein mittlerer Wert von 200 Ohm bewährte sich gut.

Im Gegensatze zu den Angaben Marconi's konnten die sämmtlichen übrigen Nebenschlüsse fortgelassen werden, ohne Verschlechterung der Wirkung.

Alle angeführten Apparate des Empfängers sind mit den Leitungen auf einem Brett (40 × 80 cm) fest aufgebaut; nur der Morse ist besonders untergebracht und wird erst beim Gebrauch an die Klemmen *M* (Fig. 18) gelegt.

Der vorliegende Apparat unterscheidet sich von dem Marconi'schen in folgenden Punkten, die zum Schlusse hier zusammengestellt werden mögen:

1. Benutzung eines Galvanometerrelais, welches empfindlicher und unabhängiger von Erschütterungen ist.
2. Die Fortlassung des Unterbrechers am Klopfer.
3. Beschickung der Frittröhre nur mit Pulver aus Walznickel.

Digitized by Google

4. Entfernung aller Nebenschlüsse, außer demjenigen parallel zur Relaisfunkenstrecke.

5. Entfernung der Induktionsspulen vor der Frittröhre.

Der Starkstromkreis des Empfängers läfst sich ebenso gut wie mit Arbeitsstrom auch mit Ruhestrom betreiben. Eine solche Ausführung, welche bei den mitgetheilten Vorlesungsversuchen gleichfalls zur Aufnahme von Telegrammen

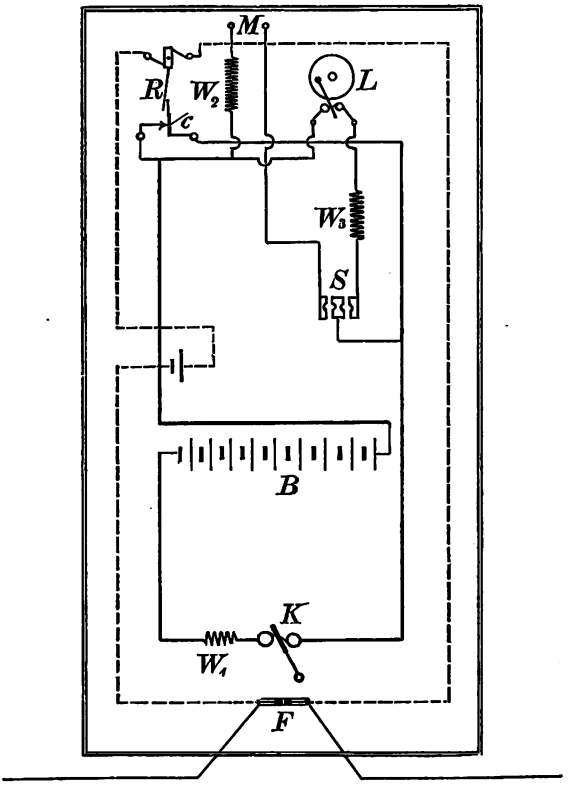


Fig. 19.

diente, ist nach den im Juli d. J. vorgelegten Zeichnungen meines Assistenten Grafen v. Arco gebaut worden. Fig. 19 erläutert das Schema der Schaltung.

Digitized by Google

Die Wirkungsweise des Apparates ist die folgende:

1. Die Frittröhre *F* ist ausgelöst, die bewegliche Relaisspule *R* ist in ihrer Ruhelage, die Berührungspunkte *C* schließen den Starkstrom, erregen die Magnete des Klopfers *K* und halten den Klopferanker angezogen, die Ankerfeder ist gespannt.

2. Die Frittröhre hat angesprochen, die Relaisspule *R* erfährt einen Ausschlag, der Relaiszeiger öffnet den Starkstrom, die Klopfermagnete lassen nach, die Klopferfeder schnellt den Anker nebst Klöppel gegen die Frittröhre und bewirkt deren Auslösung.

Es ist darauf zu achten, daſs die Drahtleitung des Frittröhrenkreises nicht zu nahe derjenigen des Starkstromkreises zu liegen kommt. Solange beim vorliegenden Apparate die beiden Stromkreise eine Strecke von ca. 60 cm dicht nebeneinander herliefen, konnte man den Apparat zum Ansprechen bringen durch einen Klingelfunken, wenn letzterer in der Nähe einer der beiden Starkstromklemmen des Relais erzeugt wurde. Nach Verlegung der Frittröhrenleitung unter das Querbrett ist dies nicht mehr möglich.

Ein Vorzug der Ruhestromschaltung besteht in der veränderten Wirkungsweise des Klopfers. Während bei der Arbeitsstromschaltung, nach jeder Bethätigung des Klopfers, der Anker desselben noch eine Zeit lang nachschwingt und erst nach ca. 1 Sek. vollkommen zur Ruhe kommt, hören beim Ruhestrom-Klopfer die Schwingungen momentan auf, indem sein Anker von den Elektromagneten plötzlich festgehalten wird. Daher wird ein schnelleres Schreiben möglich. Wie die Schreibprobe (Fig. 9 b der Tafel) beweist, läſst sich das Wort „Berlin“ 7 Mal in der Minute deutlich lesbar telegraphiren. Der Schlag des Ruhestromklopfers ist sehr elastisch, weil er nur von der von dem Elektromagneten losgelassenen zurückschnellenden Ankerfeder herrührt. Die Aenderung der Schlagstärke ist nur innerhalb geringer Grenzen möglich. Die Anwendung einer sehr elastischen (Horn-) Kugel erscheint hier ebenso angezeigt, wie beim Arbeitstrom. Der Anker wird

Digitized by Google

nach dem Aufschlagen der Kugel in der Richtung auf die Magnete diesen entgegen geschnellt. Bei der Dimensionirung der Spulen muſs durch hohen Widerstand (185 Ohm für 30 Volt) für geringen (Ruhe-) Strom Sorge getragen werden. Es muſs ferner verhütet werden, daſs der Anker an den beiden Elektromagnetkernen vollkommen anliegt und zwar aus zwei Gründen:

1. Infolge des dann sehr verringerten magnetischen Widerstandes steigt die magnetische Induktion so hoch, daſs bei plötzlicher Stromunterbrechung der remanente Magnetismus den Anker festhält und kein Losschnellen der Feder erfolgt.

2. Infolge der hohen magnetischen Induktion wird der Oeffnungsfunke am Relais sehr stark und schädigt die Berührungsstellen.

Bei dem vorliegenden Apparate berührt daher der Anker nur den oberen Magnetkern, während er von dem unteren durch eine Messingschraube abgehalten wird. Die der Klopferfeder mitgetheilte Schlagenergie bleibt dadurch unbeeinträchtigt. Trotzdem ist der am Relais auftretende Funken noch erheblich größer als bei Arbeitsstromschaltung. Indessen ist das bei Ruhestromschaltung belanglos, weil Funken und Schlag zeitlich aufeinanderfolgen. Im Uebrigen ist die Anordnung die gleiche wie bei dem ersten Apparat.

Die Vortheile der Anwendung eines Weston-Milliampèremeters als Relais sind für Ruhestrom folgende: Die Schwingungen des Klopfers werden momentan beendigt. Ebenso muſs auch das Relais in kürzester Zeit zur Ruhe kommen, wenn mit der oben angegebenen Geschwindigkeit telegraphirt werden soll. Das Weston-Galvanometer hat in seiner beweglichen Spule eine sehr geringe Masse. Wenn man nun durch geeignete Anschläge die Drehung der Spule auf sehr kleine Winkel einschränkt, und somit die der Spule ertheilte Beschleunigungsenergie auf ein kleines Maß bringt, folgt das Relais sehr genau den schnellsten Stromschwankungen. Dies läſst sich nicht erreichen mit einem magnetischen Relais wegen

Digitized by Google

der schweren Zunge, der hohen Selbstinduktion und der Trägheit des remanenten Magnetismus.

Um auch durch sehr kleine Ströme die Oeffnung des Starkstroms zu ermöglichen und den Widerstand der Relaisfeder zu überwinden, empfiehlt es sich, die Feder (welche stärker ist als bei Arbeitsstrom) nicht zu weit vom Drehpunkt der Spule weg anzuordnen, so daſs der wirksame Hebelsarm kurz, die wirksame Kraft mithin groß ist.

Ein Nebenschluſswiderstand zur Funkenstrecke des Relais ist aus dem oben erwähnten Grunde (zeitliche Aufeinanderfolge von Funke und Schlag) unnöthig. Nun läſst sich aber der Morseschreiber in seiner üblichen Ausführung nicht anders als im Nebenschluſs an dieser Stelle anordnen. Dies ist für den Klopfer ein Nachtheil, denn die Stromänderung erfolgt, wenn der Morse eingeschaltet ist, nicht vom Maximum auf 0, sondern nur bis zum Morsestrom. Der Morsestrom ist durch vorgeschaltete 2500 Ohm auf das Mindestmaß zurückgebracht. Der Morse selber ist mit 600 Ohm bewickelt. Bei der obengenannten Schaltung würde sich demnach ein Morse mit sehr hohem Widerstand (etwa 3000 Ohm) am besten eignen.

Das Läutewerk ist parallel zum Klopfer geschaltet und arbeitet wie dieser mit Ruhestrom; der Schlag erfolgt von innen gegen die Glockenschale beim Loslassen des Ankers und Abschnellen der Ankerfeder.

Druck von Leonhard Simion in Berlin S.W.

Digitized by Google

Lavernock Point — Flat Holm.

5 Kilometer. *13. 5. 1897.*

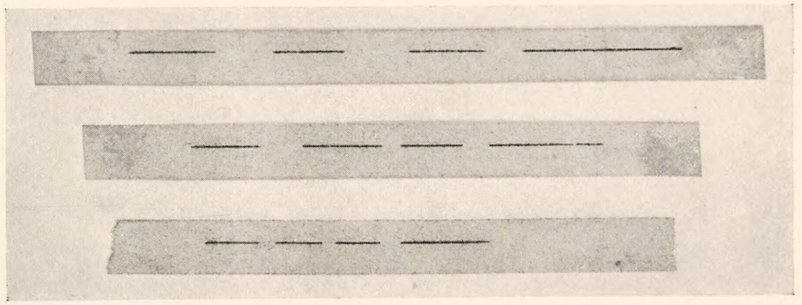


Fig. 9.

Rangsdorf — Schöneberg.

21 Kilometer. *7. 10. 1897.*

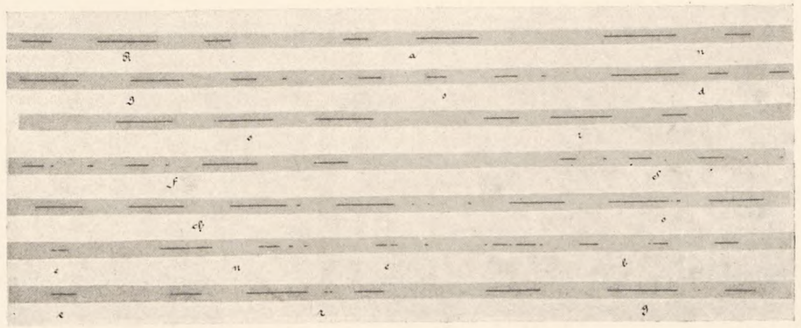


Fig. 9a.

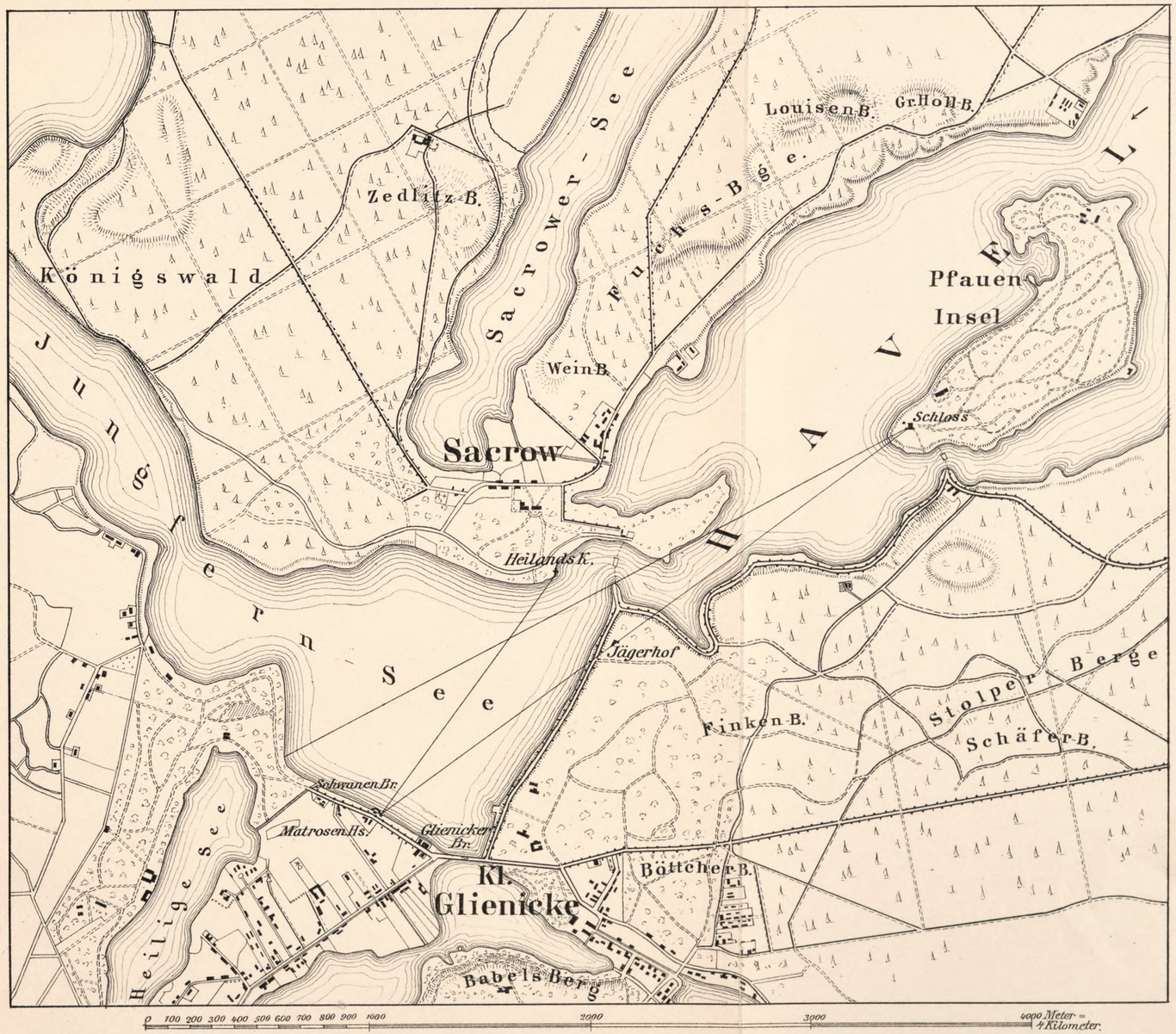
Fig. 9b.

Digitized by Google

Digitized by Google

MONMOUTH
GLAMORGAN
SEVERN
RIVER
NEWPORT
CARDIFF
BRISTOL
CHEPSTOW
Tidenham
Sedbury
Shepherdine
Hill
Knights
Oldbury
Oldbury Sand
Poolmerick
Matherne
St Pierre
Pwllcley
Rumstone
Littleton
Aust
Ingst
Northwick
Redwick
Caldicott
Pomskewet
Llanfihangel
Itton
Roggiett
Undy
Redwick Grove
Nash
Whitson
Goldcliff
Compton Greenfield
Hallen
Henbury
King
Road
Llilo
Kingsweston
Park
Shirehampton
Portishead
Easton
Pertbury
River Avon
Weston in Gordano
Walton
Clevedon
Kenn
Hookyar
Kingston Seymour
Wick St Lawrence
Sand Bay
Kewstoke
Worle
Milton
Weston super Mare
Uphill Bay
Oldmixton
Uphill
Brean Down
Brean
Berrow
Heal
BRIDGWATER BAY
Steepholm
Wolves
Flatholm
Usk
Welch Grounds
Welch Hook
Peterstone Flats
Cardiff Grounds
English Grounds
Peterstone
St Bride Wentlooge
Rumney
R. Rumney
Roath
Ganton
Leckwith
Llandough
Penarth
Cogan
Dovan
Cog
Sully
Lavernock Pt
Holton
Barry
Barry Isle
Sully I.
Porthkerry
Aberthaw
Rhoos
W & E
Gileston
St Athan
Ham
Llantwit Major
Boverton
Graham Bank
Cave Bank
Berrow Flats
0 1 2 3 4 5 10 15 Kilm.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Verlag von Leonhard Simion in Berlin SW.

Calorimetrische Untersuchungen

über den

Kreisprozefs der Gasmaschine.

Von

Dr. A. Slaby,
Geheimer Regierungsrath,
Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin.
Mitglied der Königl. Akademie des Bauwesens
und der Königl. Technischen Deputation für Gewerbe.

Mit 80 Holzschnitten und IX lithographischen Tafeln.

— Preis 30 Mark. —

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google